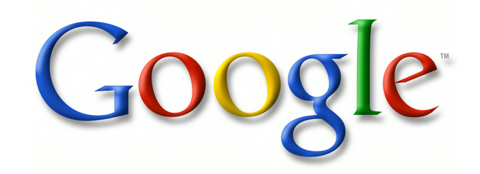



03 104


GIFT OF
Dr. F. W. Zerban
SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
From F. W. Zerban, Chief Chemist.
New York Sugar Trade Laboratory
1946



GUIDE PRATIQUE

DU

FABRICANT DE SUCRE

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

DU BÉTAIL EN FERME. / **AMENDEMENTS ET PRAIRIES.** } Extraits des œuvres de Jacques Bujaut. (*Épuisés*).

TRAITÉ PRATIQUE DE LA CULTURE ET DE L'ALCOOLISATION DE LA BETTERAVE. Résumé complet des meilleurs travaux faits jusqu'à ce jour sur la betterave et son alcoolisation. Troisième édition, revue et augmentée, avec bois dans le texte.

TRAITÉ COMPLET D'ALCOOLISATION GÉNÉRALE. Cet ouvrage, dont deux éditions ont été épuisées, se trouve entièrement refondu dans la *première partie* du *Guide théorique et pratique du fabricant d'alcools et du distillateur*.

LE PAIN PAR LA VIANDE. Organisation de l'industrie agricole. 1 vol. in-8° de 178 pages, 1853.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DE LA FERMENTATION, dans ses rapports avec la science, les arts et l'industrie.

GUIDE PRATIQUE DE CHIMIE AGRICOLE. Leçons familières sur les notions de chimie élémentaire utiles aux cultivateurs, et sur les opérations chimiques les plus nécessaires à la pratique agricole. 1 vol. in-18 de 388 pages, avec bois dans le texte, 1858.

PRÉCIS DE CHIMIE PRATIQUE, ou *Éléments de chimie vulgarisée*. 1 vol. in-18 de 628 pages, avec bois dans le texte.

GUIDE THÉORIQUE ET PRATIQUE DU FABRICANT D'ALCOOLS ET DU DISTILLATEUR. L'ouvrage le plus complet qui existe sur la matière, comprenant : l'*alcoolisation*, l'*œnologie*, la *distillation*, la *rectification*, la *fabrication des vinaigres* et des *liqueurs*; 3 forts volumes in-8°, avec de nombreuses gravures dans le texte. Prix : 30 francs. Les trois volumes peuvent être achetés séparément.

LA VIGNE. Leçons familières sur la gelée et l'oïdium, leurs causes réelles et les moyens d'en prévenir ou d'en atténuer les effets.

Paris. — Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.

GUIDE PRATIQUE

DU

FABRICANT DE SUCRE

CONTENANT

L'ÉTUDE THÉORIQUE ET TECHNIQUE
DES SUCRES DE TOUTE PROVENANCE, LA SACCHARIMÉTRIE CHIMIQUE ET OPTIQUE
LA DESCRIPTION ET L'ÉTUDE CULTURALE DES PLANTES SACCHARIFÈRES
LES PROCÉDÉS USUELS ET MANUFACTURIERS
DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE
ET LES MOYENS D'AMÉLIORER LES DIVERSES PARTIES DE LA FABRICATION

AVEC DE NOMBREUSES FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

NOUVELLE ÉDITION

ENTIÈREMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

PAR

N. BASSET

auteur de plusieurs ouvrages d'agriculture et de chimie appliquée

---

DEUXIÈME VOLUME

Fabrication industrielle du Sucre.

PARIS

LIBRAIRIE DU DICTIONNAIRE DES ARTS ET MANUFACTURES

40, rue de Madame, 40

1872

GUIDE

DU

FABRICANT DE SUCRE

AVANT-PROPOS

Le premier volume de cet ouvrage a eu pour objet principal les études préparatoires sans lesquelles il nous semble impossible que l'on puisse devenir un fabricant habile, versé dans les questions essentielles qui se rattachent à l'industrie sucrière. Le point de départ logique exige, en effet, que l'on connaisse d'abord la *matière* que l'on veut produire, et l'*étude des sucres*, celle de leurs caractères et de leurs propriétés, celle de leur mensuration ou de leur dosage, ainsi que l'essai des matières saccharifères, devaient appeler, avant tout, notre attention. Nous avons traité ces questions dans notre premier livre. Mais ce n'est pas tout de connaître les sucres sous le rapport chimique ou au point de vue physique, et le fabricant de sucre ne doit pas oublier que ses matières premières sont des produits agricoles avant toute chose. La valeur usinière ou industrielle de ces matières est essentiellement liée à la culture; car, suivant que telle ou telle méthode agricole aura été employée, que l'on aura cultivé telles ou telles espèces, dans certains sols, avec l'emploi de certains engrais, ou de matières excitantes de telle ou telle nature, selon que les soins culturaux auront été plus ou moins bien compris, l'usine se trouvera en présence de résultats bien différents et il pourra même arriver que le travail

industriel, que la méthode à employer, doive subir des modifications importantes, dont l'adoption aura pour première cause la pratique agricole suivie par les cultivateurs, producteurs de la matière première.

Les questions de culture, relatives aux végétaux saccharifères, ne peuvent donc pas être ignorées du fabricant et elles doivent lui être aussi familières qu'à l'agriculteur lui-même. Nous ne pensons pas qu'il puisse s'élever d'objections sensées sur ce point, et nous sommes tellement persuadé de l'importance des connaissances agricoles en sucrerie que, dans notre appréciation intime, nous ne pensons qu'avec une certaine difficulté à la séparation de fait qui s'est établie entre la ferme et l'usine, entre l'agriculteur producteur et le fabricant transformateur. Pour nous, la sucrerie est une industrie agricole, d'abord et quand même, et il nous est impossible d'en voir la prospérité future ailleurs que dans l'union définitive du champ et de la fabrique.

Nous ne nous sommes donc pas arrêté à des critiques dictées par la paresse et, supposant que *tout fabricant de sucre est ou doit être agriculteur*, nous avons exposé, aussi complétement que le permettait notre cadre, les principes d'agriculture applicables aux plantes saccharifères, la pratique culturale que l'on doit suivre à l'égard des principaux végétaux qui nous fournissent le sucre, et nous avons cherché à détourner l'agriculteur de ces théories funestes qui ont déjà produit des résultats déplorables dans nos fabriques. Montrer, d'après l'expérience et les préceptes des maîtres de l'art agricole, qu'elles sont les règles d'une saine culture pour les plantes saccharines; faire voir l'inanité et la fatale influence de certains conseils intéressés; repousser, par des raisons de bon sens, de théorie et de pratique, l'emploi irrationnel de matières nuisibles à la production du sucre, telle a été, sommairement, la tâche que nous nous sommes proposé d'accomplir dans notre deuxième livre. Notre vœu le plus cher est d'avoir fait partager à nos lecteurs notre conviction, relativement à la gravité des questions culturales en sucrerie, et d'avoir réussi à porter la lumière dans certaines controverses, où l'intérêt particulier a plus de part que les connaissances réelles dues à l'observation attentive.

Qu'on n'imagine pas que nos critiques contre les fumures nouvelles, contre les engrais perazotés, contre l'emploi des al-

calis ou des sels allemands, contre les mélanges et les poudres, contre les panacées et les spécifiques, nous aient été dictées par un sentiment de personnalité ou d'égoïsme, dont nous repoussons énergiquement la seule pensée. Nous avons blâmé toujours, dans toutes les circonstances, ce que nous avons trouvé digne de blâme; nous avons loué, franchement et sans arrière-pensée, ce qui nous a paru digne d'éloges, mais nous n'avons jamais pensé à autre chose qu'aux opinions et non à la personne même des auteurs de ces opinions. Il n'y a pas de place dans notre vie pour ces sortes de choses, et nous nous sentons dominé par une autre passion, celle de rechercher et de découvrir le vrai. Qu'une théorie nous paraisse fausse, nous cherchons à en démontrer l'erreur et nous ne confondons pas le théoricien avec ses élucubrations. Nous ne faisons exception à cette règle que pour ces hommes, heureusement fort rares, dont le but est de parvenir, avant tout, aux dépens de tout, malgré tout, de faire parler d'eux quand même, et de ne s'inquiéter que fort peu du mal qu'ils sèment sur leur passage, pourvu qu'ils en retirent du profit pour eux-mêmes.

Nous ne prétendons pas, d'ailleurs, à l'infaillibilité, et nous nous contentons d'exposer loyalement notre manière de voir, avec les meilleures preuves à l'appui.

Nous nous attacherons encore à suivre ces règles dans la suite de cet ouvrage, pour lequel nous n'ambitionnons qu'un seul éloge, que nous cherchons à mériter, et nous ne désirons qu'une seule chose : avoir fait une *œuvre utile.*

Maintenant donc, après avoir étudié consciencieusement le sucre au point de vue de la chimie théorique, et sous le rapport des exigences culturales des plantes sucrières, que nous avons cherché à faire connaître dans les détails les plus importants, nous abordons la description des procédés pratiques, industriels, employés manufacturièrement pour l'extraction du sucre.

Nous ne craignons pas d'avouer ici que la difficulté est grande et que nous redoutons d'être au-dessous du labeur que nous avons devant nous. Les systèmes se sont tellement multipliés, les théories se heurtent et se croisent en nombre tel, que nous n'oserions entreprendre de débrouiller ce chaos, si nous n'étions soutenu par le désir du bien et par la volonté de contribuer, pour notre part, à la prospérité de la sucrerie. Nous voyons,

dans cette industrie, le plus sûr moyen de parvenir à l'amélioration culturale. Nous la considérons comme une source de bien-être pour les populations agricoles, et cette idée nous encouragera dans l'accomplissement de notre travail et nous aidera à le rendre moins indigne du but que nous poursuivons depuis de longues années.

LIVRE III

FABRICATION INDUSTRIELLE DU SUCRE PRISMATIQUE

SECTION I.

Notions générales et principes fondamentaux de la fabrication sucrière.

L'objet de ce troisième livre est capital et son importance n'est pas contestable : la routine étreint de ses mille bras l'industrie sucrière; les partisans les plus éclairés du progrès ne hasardent qu'à corps défendant les innovations les plus heureuses et les plus logiques, et les autres restent enfermés dans le cercle vicieux où tournaient leurs devanciers... Nous trouverons les raisons d'être d'un tel état de choses dans l'examen attentif des procédés suivis, de leurs causes, de leurs effets, et nous les comparerons aux principes théoriques dont nous aurons acquis la connaissance préalable, afin d'apprendre ce qu'il convient de faire pour supprimer les erreurs et les abus, et pour aider la fabrication du sucre à tendre aux améliorations dont elle est susceptible.

L'importance des principes sur lesquels repose une industrie ne peut être, assurément, révoquée en doute par personne. A l'exception, peut-être, des chaudronniers et des constructeurs, qui ont un intérêt manifeste à faire croire que leurs machines font le sucre toutes seules, chacun sent que l'outillage le plus parfait ne peut vaincre que certaines difficultés de travail ou d'application, et que les meilleurs engins ne produiront pas de *bons et beaux sucres* avec des matières de mauvaise qualité. La grosse affaire du fabricant de sucre se trouve moins dans l'argent qu'il dépense follement en machines que dans l'art,

plus difficile, de mettre sa matière première dans un tel état de pureté qu'il puisse en retirer de *bon et de beau sucre*, même avec un mauvais outillage. C'est à la condition seulement de comprendre cette règle que la fabrication pourra se servir utilement des instruments modernes dits perfectionnés, de ceux, surtout, qui ont réellement progressé, et en tirer le parti le plus avantageux.

Il est clair que le sucre ne peut être extrait facilement par les meilleures méthodes et à l'aide du meilleur matériel que s'il est débarrassé des causes d'altération : or, les principes qui conduisent à cette purification, dépendant de la nature même de la matière sucrée, on peut dire qu'ils sont fixes et invariables, que leur application ne peut avoir à supporter que des changements et des modifications de peu d'importance, à moins qu'il ne survienne quelque découverte capitale, qui révèle, sous un nouveau jour, les propriétés du sucre, ou qui fasse découvrir quelques caractères nouveaux de ce corps. Dans ce cas, il est non moins évident que les bases fondamentales de l'extraction du sucre pourraient subir une modification inattendue, que, peut-être même, il y aurait à faire un changement radical dans toute la fabrication; mais cette hypothèse nous touche peu et elle n'ôte rien à la valeur de notre proposition. Les principes de la fabrication changeraient alors, il est vrai, mais, en tant que principes, ils ne domineraient pas moins la situation.

Dans l'outillage, au contraire, rien de stable, rien qui soit parfaitement défini. Depuis le chaudron qui sert à l'Indien à faire du sucre d'érable jusqu'aux chaudières modernes à cuire dans le vide, depuis la capsule du chimiste jusqu'au triple effet, nous ne voyons guère que des moyens d'évaporation plus ou moins bien compris, que tel constructeur modifiera demain et qui ne feront pas faire mieux, si le mieux n'a pas été produit par l'application préalable des principes. Nous avons fait faire, dans un chaudron à lessive, sur un feu de coke, du sucre brut de betterave, titrant 98,6 0/0 de sucre pur, à très-peu près privé de matières étrangères. Nous ne disons pas qu'un meilleur outillage, que la concentration et la cuite à basse température n'auraient pas donné un résultat plus *beau*, mais nous affirmons que tous les constructeurs du monde engloutiraient des millions sans produire la même bonté des produits, quelle que soit la perfection de leurs machines, si ces machines n'avaient

à recevoir que des jus mauvais, mal préparés, et contenant des substances nuisibles au sucre. Cette affirmation ressortira jusqu'à l'évidence des notions exposées dans le chapitre suivant, et que nous considérons, non sans raison grave, comme les plus essentielles à connaître pour le fabricant désireux de parvenir à une bonne fabrication.

CHAPITRE PREMIER

Nature et influence des matières étrangères qui accompagnent le sucre.

Le sucre prismatique, renfermé dans les cellules des végétaux saccharifères, ne s'y trouve pas seul et il est accompagné d'un grand nombre de substances solubles, d'une nature plus ou moins variable, qui peuvent être utiles, indifférentes, ou nuisibles au produit qu'on veut extraire, dont plusieurs peuvent en déterminer la transformation ou en arrêter la cristallisation.

On rencontre, dans les jus sucrés qu'on extrait des plantes saccharines, des *matières hydrocarbonées*, telles que la *fécule*, la *dextrine* et la *gomme*, le *glucose*; des *principes pectiques*, plus oxygénés; des *matières grasses* et des *substances résinoïdes*, ou des *essences*, plus ou moins odorantes, agréables ou désagréables; du *ferment* et des *substances albuminoïdes*, des *acides* et des *bases organiques*; des *sels minéraux*, *végétaux* ou *mixtes*, des *matières colorantes*... Toutes ces matières étrangères sont loin d'être sans influence sur les opérations de la sucrerie et leur action doit être étudiée en détail, si l'on veut dominer la situation dans toutes les circonstances, au lieu d'être dominé soi-même et entraîné vers des conséquences désastreuses.

De même, les liquides sucrés extraits des plantes à sucre, les *jus* et *vesous*, les solutions plus concentrées ou les *sirops* peuvent, dans beaucoup de cas, subir des altérations notables sous l'influence des substances que nous venons de mentionner, ou, encore, par l'action de l'*eau*, de l'*air*, de la *lumière*, de la *chaleur*; ces altérations doivent être connues avec la plus grande préci-

sion, et tout fabricant intelligent, qui connaîtra l'influence des substances étrangères sur le sucre de ses jus et les causes d'altération de ses liquides sucrés, sera bien près de savoir à quoi s'en tenir sur les moyens les plus efficaces de porter *remède aux altérations* et, surtout, de les prévenir, autant qu'il sera en son pouvoir.

I. — INFLUENCE DES MATIÈRES HYDROCARBONÉES SUR LES JUS SUCRÉS.

Les matières hydrocarbonées sont celles qui sont composées de *carbone*, d'*oxygène* et d'*hydrogène*, ces deux derniers étant dans les proportions de l'eau. Ces corps sont, à proprement parler, du charbon hydraté (C + HO); mais celles dont nous avons en vue de parler se rapportent à la composition du monohydrate de saccharigène

$$C^{12}H^{9}O^{9} + HO = C^{12}H^{10}O^{10} \text{ ou } C^{12} + 10HO.$$

Ils appartiennent au même groupement que le sucre, lequel est lui-même un des termes de la série et ne diffère de ceux-là que par une proportion d'eau de plus

$$C^{12} + 11HO \text{ ou } C^{12}H^{9}O^{9} + 2HO.$$

Les principaux corps hydrocarbonés que l'on peut rencontrer dans les jus sucrés sont la *fécule*, la *dextrine*, la *gomme* et le *glucose*.

Influence de la fécule sur les jus sucrés. — La fécule ou l'amidon peut se trouver dans tous les jus des plantes saccharines, lorsqu'ils ont été obtenus par la *pression* de la matière première, surtout si les matières traitées proviennent de plantes ou de portions de plantes peu mûres. Au fond, malgré certaines affirmations, il est très-rare que l'on ne puisse pas rencontrer de fécule dans les plantes et nous savons déjà que ce principe existe dans la betterave, en très-petite quantité, dans les portions jeunes ou peu mûres de la canne, dans le sorgho, dans le maïs, la carotte, la chataigne... Les séves sucrées seules en sont exemptes. Nous disons que ce principe existe; mais la proportion, qui en est parfois à peine appré-

ciable, varie extrêmement suivant les cas et la nature des plantes, bien qu'il soit rare de le voir totalement disparaître.

Propriétés principales de la fécule. — Aux yeux du chimiste, la fécule présente quelques propriétés qu'il est utile de connaître, dans l'intérêt de notre étude actuelle.

Elle se change en *dextrine* soluble dans l'eau, par l'action d'une température de + 200° à l'air. Tous les acides étendus, même les acides organiques, à l'exception de l'acide acétique, lui font subir la même modification à toute température. L'action est d'autant plus rapide et plus énergique que la température est plus rapprochée de l'ébullition. Les grains germés, les parties des plantes qui entourent les germes et les bourgeons, contiennent un agent transformateur qui produit la même action sur la fécule, en présence de l'eau, surtout à la température de + 70° (maximum = + 75°). La transformation de l'amidon en empois est très-rapide dans les liqueurs alcalines faibles et nous avons constaté plusieurs fois que ces mêmes liqueurs peuvent dissoudre des quantités notables de fécule à l'état de dextrine, puis de glucose, par une action suffisamment prolongée.

La fécule est insoluble dans l'alcool, dans l'eau froide; mais ce dernier menstrue peut l'attaquer et la dissoudre à la longue, à la faveur de l'action exercée par une matière azotée mal définie qui accompagne toujours ce principe. La chaux se combine avec la fécule, mais elle n'en précipite pas la totalité lorsque la transformation en empois a eu lieu. Le tannin précipite la fécule... La présence de la fécule est décelée par la solution d'iode, qui lui donne une magnifique couleur bleue.

Observations. — Nous n'attacherons pas une extrême importance à la présence de l'amidon ou de la fécule dans les jus sucrés, sinon sous deux points de vue que nous soumettons à l'attention du lecteur : 1° Si l'on avait à traiter pour sucre une matière végétale contenant beaucoup de fécule, comme la châtaigne, par exemple, il est évident, d'après ce qui précède, que l'extraction du principe sucré devrait se faire *à froid*, par l'intermédiaire de l'eau, et que l'on ne devrait pas agir sur les fruits pulvérisés, mais seulement concassés, afin de ne pas entraîner dans les liquides de la fécule en petits grains, laquelle

ne se dépose que très-lentement; 2° l'action de la *chaux* et celle du *tannin* est très-nettement indiquée pour faire disparaître la fécule du sein d'un liquide sucré. Comme il est toujours facile de se débarrasser de ce corps, il nous semble qu'il est inutile de nous y arrêter plus longuement, les inconvénients réels qu'il apporte dans les jus se rencontrant plutôt lorsque la fécule est devenue soluble et qu'elle est passée à l'état de dextrine. C'est dans l'appréciation de cette substance, dérivée de la fécule, que nous trouverons le côté important de la question.

Action de la dextrine sur les jus sucrés. — La dextrine, qui se produit si facilement par l'altération de la fécule, dont elle offre, d'ailleurs, la composition, n'est pas précipitée par l'alcool étendu, dans lequel elle est soluble; elle est très-soluble dans l'eau et incristallisable; elle ne précipite pas par la potasse, ni par la chaux, ni par la baryte, ni par le sous-acétate de plomb ou le sulfate de fer, mais elle précipite par l'acétate de plomb ammoniacal, d'après une observation de M. A. Payen.

Lorsqu'il existe dans une matière saccharine, ou dans un jus sucré, de la fécule transformée en dextrine, pour peu que cette matière se trouve en présence de substances albuminoïdes ou de ferment, de matière grasse, d'alcalis, libres ou carbonatés, de certains sels alcalins, etc., le sucre entre dans un mouvement très-marqué de décomposition, à laquelle prend part la dextrine elle-même. Cette décomposition ne présente que très-rarement le caractère alcoolique; c'est plutôt le type lactique qui domine au début. Très-souvent on observe la dégénérescence butyrique, la formation de la mannite, de la matière visqueuse, etc. La matière visqueuse se produit surtout lorsque la pectose des plantes a été altérée (V. plus loin), qu'il s'est formé de la pectine soluble, puis de l'acide pectosique et d'autres dérivés de la pectose, comme l'acide métapectique, qui domine dans la formation de la matière glaireuse.

On conçoit que, en dehors de cette série de modifications dues à l'action fermentative, et qui sont une des causes principales de l'altération des matières saccharifères, la présence de la dextrine dans le jus est une source d'ennuis et de difficultés. Ce corps est incristallisable; il n'est pas précipité par la

chaux; il en résulte qu'il suit ou accompagne le sucre dans tout le travail d'extraction, que sa masse augmente celle des mélasses ou des eaux-mères, sans en augmenter la valeur en sucre fermentescible [1], qu'elle augmente la perte en *sucre entraîné,* ce qui diminue le rendement en proportion.

Pour éviter la présence de la dextrine dans les jus sucrés, et ceci s'applique à toutes les plantes saccharifères, on doit prendre soin de ne récolter ces plantes que lorsqu'elles sont parvenues à leur maturité industrielle; mais, comme les plantes sucrières utilisées actuellement ne contiennent que *très-peu* de fécule et de dextrine, que la carotte et la châtaigne seulement exigeraient plus d'attention sous ce rapport, on peut dire que les inconvénients de fabrication dus à la présence de la dextrine n'offrent qu'une importance minime. Il n'en est pas de même, malheureusement, lorsqu'il se présente des accidents de fermentation et d'altération des matières premières. Des traces de dextrine (ou de gomme) qui seraient insignifiantes à la chaudière, acquièrent, dans ce cas, une importance capitale et deviennent la cause de pertes considérables par l'altération des tiges sucrées, des racines surtout, à laquelle elles impriment un caractère particulier et une rapidité extraordinaire. Lorsque des betteraves, par exemple, ont commencé à s'altérer, on peut être sûr que celles dont la maturité est moindre, qui renferment encore un peu de dextrine et des traces de fécule, parcourront très-promptement toutes les phases de la décomposition et qu'aux produits de la dégénérescence fermentative s'adjoindront certainement ceux des altérations pectiques.

On déduit de cela la nécessité absolue d'attendre la maturité, celle, non moins absolue, d'éviter de blesser ou de meurtrir les plantes ou parties de plantes dont on veut extraire le sucre, et de s'entourer de toutes les précautions utiles, sanctionnées par l'expérience, pour assurer une bonne conservation des matières. Il faut redouter les lésions de toute espèce qui peuvent se produire sur les végétaux saccharifères, et c'est pour cela que, même pour la betterave, nous ferions ce que nous avons recommandé pour la carotte, et nous nous contenterions d'enlever les feuilles par torsion; le collet ne serait coupé qu'à me-

1. A moins qu'on ne soumette plus tard les mélasses de distillerie à un traitement d'acidulation.

sure de la fabrication, afin d'amoindrir, autant que possible, les causes d'altération. Cette précaution n'est pas possible pour la canne; mais comme on ne doit là couper qu'à mesure du travail, l'inconvénient paraît moindre et les altérations peuvent toujours être prévenues.

Influence de la gomme sur les jus sucrés. — La matière gommeuse se rencontre dans presque tous les végétaux et dans toutes leurs parties; elle offre la même composition que la dextrine et la fécule. Cette substance présente, au point de vue du sucre, une influence analogue à celle de la dextrine, et les accidents de fermentation qui en résultent sont à peu près similaires.

Considérées par rapport aux jus sucrés et à la fabrication, les matières gommeuses sont solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool. Elles forment des combinaisons solubles avec les alcalis et les oxydes terreux. Il en résulte qu'elles ne sont que très-difficilement éliminables dans le travail pratique et que, comme la dextrine, elles augmentent la proportion des résidus ou des mélasses, par elles-mêmes et par le sucre qu'elles entraînent et qui reste *engagé* dans la masse de l'incristallisable.

On ne connaît pas de moyen industriel pour se débarrasser de ces matières, dont la proportion est assez faible, heureusement. Il est digne de remarque cependant que, si faible que soit la quantité de dextrine et de gomme que l'on rencontre dans les végétaux sucrés, recueillis bien mûrs, il n'en est pas moins exact que ces substances conduisent, forcément, à une certaine production de mélasse et que, malgré les prétentions de quelques illuminés, il n'est pas possible d'extraire le sucre des végétaux saccharifères sans faire de la mélasse. Il s'agit ici, évidemment, de la fabrique et non du laboratoire, et ce raisonnement s'applique également au glucose, dont il va être question dans un instant.

La dissolution de la matière gommeuse dévie à gauche le plan de la lumière polarisée.

Influence du glucose sur les jus sucrés. — Nous savons ce que c'est que le glucose, et nous donnons ce nom au sucre de fécule, dont nous connaissons deux formes, le glucose proprement dit, $C^{12}H^{12}O^{12}+2HO$, cristallin, déviant à

droite le plan de la lumière polarisée, et le glucose liquide (*lévulose*) $C^{12}H^{12}O^{12}$, dont l'action dévie ce même plan à gauche. Ce dernier sucre est identique avec le sucre de fruits $C^{12}H^{12}O^{12}$, déviant également à gauche, et que l'on désigne également sous le nom de *sucre incristallisable*. Ce sucre incristallisable se trouve dans presque tous les végétaux, à une époque donnée de leur existence, sinon pendant toute la durée de la vie végétale. En général, on le trouve en plus grande proportion dans les plantes très-jeunes, dans les portions non mûres, et dans les végétaux qui opèrent le travail de la granification. Dans les premières, la présence de ce sucre semble devoir être attribuée à l'hydratation de la fécule ou de la cellulose; plus tard, lors de la production de la graine, il se fait une réaction inverse, et c'est le sucre prismatique lui-même, dans les plantes saccharifères, qui retourne vers la forme fécule, en passant par l'état intermédiaire de glucose. Enfin, toutes les fois qu'une matière saccharine, plante ou jus, est soumise à l'action des acides, même à celle des acides végétaux, une portion plus ou moins considérable du sucre prismatique se surhydrate, et passe à l'état de glucose. De même, quand les matières saccharines éprouvent un commencement de fermentation, le sucre prismatique, sous l'influence de l'eau, de l'air et du ferment, se change partiellement en glucose.

On doit même ajouter à cela que la lumière, ainsi que nous le verrons, produit une action du même genre; le contact prolongé de l'eau, même à froid, surtout à chaud, modifie également le sucre, en sorte que l'on peut dire avec justesse que le sucre cristallisable est un des corps dont l'altération et la modification sont déterminées par le plus grand nombre de causes de tout genre, et l'on peut voir, par l'aperçu qui précède, combien il exige de précautions et de soins pour demeurer inaltéré.

En outre de ce fait, que nous avons démontré, que le glucose coexiste avec le sucre prismatique, même dans la canne, la moindre altération fermentative à la suite d'une lésion, sous l'influence d'un peu de chaleur, d'un état électrique extraordinaire, l'action des acides de la plante, le défaut de maturité et mille autres causes font que la matière première de la fabrication sucrière contient presque toujours du glucose, dans des proportions variables.

Or, on n'a pas de moyens pratiques de l'éliminer, et il passe dans les résidus, en entraînant du sucre, exactement comme la dextrine et la gomme.

En ce qui concerne le sucre *engagé* par le glucose, la gomme ou la dextrine, ainsi que par différentes autres substances, bien que nous ne songions pas à entrer actuellement dans les détails de cette question, nous en ferons seulement remarquer le côté important. Le sucre est très-soluble dans l'eau; s'il n'était dissous que dans l'eau pure, il suffirait d'évaporer l'eau pour l'obtenir en masse concrète. Les matières gommeuses s'opposent, par leur viscosité, à la séparation des cristaux et, si petite qu'en soit la proportion, il arrive toujours un moment où ces matières empêchent le dépôt du sucre cristallin. Nous ne pensons pas que la quantité du *sucre, ainsi engagé, mais non transformé*, soit égale au poids des matières gommeuses, mais elle n'est pas moins très-notable. Or, le glucose agit exactement de la même façon que les gommes et la dextrine, et il doit être considéré comme une cause de la production de la mélasse.

Il y a autre chose encore. Lorsque l'on élève la température d'une solution sucrée dans laquelle il se trouve du sucre et du glucose seuls, on peut produire l'évaporation de l'eau sans colorer la masse d'une manière sensible. Il en est à peu près de même lorsque le sucre prismatique seul se trouve en présence des alcalis. Mais si le glucose est chauffé, en dissolution dans l'eau, avec des alcalis libres ou carbonatés, la solution prend très-promptement une teinte brun-marron qui se fonce de plus en plus. Il en est encore de même lorsque le sucre prismatique est accompagné de glucose, et l'acide mélassique, qui se forme aux dépens du glucose, donne à la masse une coloration brune rougeâtre très-intense, selon la proportion du glucose dissous. Or, en admettant que l'opération de la concentration soit scindée, que, dans un des temps du travail, on enlève la matière colorante produite, il est certain que, si l'on ne supprime pas totalement les alcalis, qui sont la cause directe de ce phénomène, la coloration se reproduira, après chaque décoloration, sous l'influence de la même cause, aussitôt que le travail de concentration sera repris.

Ceci est de la pratique journalière, et nous aurons occasion de revenir sur ce point important.

Ainsi, le glucose est une cause de perte de sucre prismatique, par le fait même de sa formation aux dépens de ce sucre, et par la quantité de cristaux dont il empêche la cristallisation et qu'il retient engagé ; il est une des causes de l'augmentation des mélasses ou résidus, et on doit le regarder comme la cause la plus puissante de la coloration des produits, dans l'état actuel de l'industrie sucrière.

Quelques écrivains spéciaux ne reconnaissent pas une grande importance à l'influence des matières gommeuses et de la dextrine. Nous comprenons facilement leur opinion, qui s'étend également à la *mannite*, laquelle est un produit de la fermentation ou de l'altération des betteraves ; mais, comme ces matières agissent de la même manière que le glucose, au point de vue de la production de la mélasse, nous avons dû en établir l'influence, pour le cas où l'on aurait à traiter des matières saccharines renfermant des proportions un peu notables de fécule. Le fabricant de sucre ne doit pas se considérer comme invinciblement lié à la betterave, à la canne, au sorgho, et nous avons fait voir qu'il y aurait un grand intérêt pour l'industrie des sucres à traiter la carotte comme auxiliaire de la betterave, et cette racine, très-possible en sucrerie, contient toujours assez de fécule pour qu'on se trouve obligé de compter avec la dextrine.

La question à l'égard du glucose se réduit à prendre les soins les plus judicieux pour la conservation des matières sucrées, et pour éviter les altérations qui produisent cette modification du sucre. On ne peut, en effet, songer à l'éliminer, lorsqu'il existe, et l'on est obligé de subir les conséquences désastreuses de sa présence dans les jus ou les solutions de sucre.

II. — INFLUENCE DES PRINCIPES PECTIQUES SUR LES JUS SUCRÉS.

Il s'est formé, sur l'action des principes pectiques relativement au sucre, des opinions fort peu compréhensibles. En France, grâce à ce bavardage sans nom qui fait parler des sots sur tout ce qu'ils ignorent, nous entendons le premier novice venu nous parler de l'*acide pectique* comme d'un adversaire fort dangereux. Et l'on ne connaît pas le nom de l'inventeur de cette belle histoire. En Allemagne, M. Michaëlis, qui ne manque cependant pas d'observation, prétend qu'il n'y a pas de pectine

dans les jus de betteraves fraîches et non altérées (*im Safte reifer unverdorbener Rüben*). Nous tenons note de l'affirmation.

On va partout proclamant que la pectine empêche la cristallisation du sucre, au moins partiellement, et nous ne savons de combien de maux on n'a pas accusé ces pauvres principes pectiques, si aisément transformables, si complètement inoffensifs. Il est si facile d'accuser autrui, même la matière inerte, plutôt que de se critiquer soi-même!

Walkhoff *répète* cette opinion, qui ne peut être la sienne, et ce ne peut être là qu'une reproduction[1]; mais, malgré tout, l'auteur allemand prétend que, dans la pratique, le jus peut bien contenir de la pectine... La raison apportée de cette allégation est que, puisque la pulpe de betterave, chauffée avec des alcalis, fournit du pectate de soude ou de potasse, il peut se produire de l'acide pectique dans la *défécation* (purification), par l'action des mêmes alcalis sur les particules de pulpe en suspension (*mit in den Saft gelangte Rübenzellen partikelchen*).

De son côté, M. Stammer, dans un livre où il tente d'introduire en France une science toute germanique, nous affirme ce qui suit en un français très-problématique :

« La *pulpe* proprement dite ou le marc, dit ce docteur, se compose principalement de *cellulose* et de *pectose*. La dernière surtout joue un rôle important dans les procédés de fabrication; cependant nos connaissances *en* sont encore assez *insuffisantes*[2]. On sait que si on chauffe le marc privé du jus par un *traitement prolongé à l'eau*, quelque temps avec une lessive de soude, *ou* qu'on ajoute un acide à la liqueur filtrée, il se forme un dépôt gélatineux, qui provient de la *pectose*. En effet, celle-ci donne lieu, dans ces circonstances, à la formation de *différents acides pectiques*, précipitables sous forme de gelée par les acides plus forts. L'action prolongée des alcalis donne lieu à la formation d'autres acides qui ne sont pas gélatineux, *tel que* l'acide métapectique. Cet acide possède la propriété de ne pas être

1. Das Pectin, eine unter gewissen Umständen als Gallerte auftretende Substanz, die die Krystallisationsfähigkeit des Zuckers wesentlich beeinträchtigt... Gerbsäure fällt das Pectin aus den Lösungen (p. 399).

2. Si les connaissances de M. Stammer, relativement aux principes pectiques, « *en* sont encore assez insuffisantes, » pourquoi parle-t-il de ce qu'il ne sait pas assez sur le ton de l'affirmation, et qui donc le prie d'attribuer à la pectine ce qui peut provenir d'autre chose..., puisqu'il ne sait pas assez? Il faut savoir.

précipité dans ses sels alcalins (?) par la chaux, ni par la baryte, la strontiane et les solutions de cuivre. L'acide métapectique tourne fortement à gauche le plan de la lumière polarisée et se transforme par l'action des acides minéraux en *un autre acide et un sucre, le sucre pectique ou pectinose,* qui réduit facilement la liqueur cuivrique et qui tourne à droite la lumière polarisée. Ces propriétés des produits secondaires de la pectose expliquent facilement plusieurs observations sur l'analyse des betteraves altérées et sur le degré d'exactitude des déterminations polarimétriques avec inversion.

« Comme il n'existe aucun moyen pratique d'éliminer le métapectate de chaux des jus, tandis que les propriétés de ce composé le rangent parmi *les substances les plus mélassigènes,* il est clair qu'on devra, autant que possible, éviter les manipulations qui favorisent la formation des produits secondaires de la pectose, notamment le contact de la pulpe avec la chaux à une *température élevée.* »

M. Stammer a emprunté cette théorie allemande à un autre Allemand, le docteur Scheibler, lequel a fait quelques bons travaux sur divers sujets relatifs à la sucrerie; mais, comme cela ne suffit pas pour qu'on puisse faire croire, à plaisir, des hypothèses de ce genre, nous allons chercher ce qui peut être vrai dans ce qu'on a dit et répété sur l'action des principes pectiques.

Propriétés des principes pectiques. — La *pectose,* qui existe dans presque toutes les matières végétales, *bien qu'elle n'ait pas été isolée,* est *insoluble dans l'eau,* l'alcool et l'éther... Donc, s'il plaît à ces messieurs d'outre-Rhin et à leurs disciples français, puisqu'ils en ont, en chimie et en agriculture au moins, donc, *les jus n'entraînent pas de pectose dissoute.* S'il y a dans les *jus exprimés* des *traces de tissu végétal,* il peut y avoir, dans ce cas, des *traces de pectose.* Il n'y en a pas dans les jus de macération non altérés, ni dans les séves...

La pectose se change en *pectine,* par l'*action des acides,* à l'aide d'une température assez élevée (au-dessus de $+15^{\circ}$).

L'ébullition change la pectose en pectine... *La pectine est soluble dans l'eau.* Elle est insoluble dans l'alcool; elle est neutre aux réactifs colorés; *elle n'exerce aucune action sur la lumière polarisée.*

La pectine est précipitée par le tannin à l'état de composé insoluble. Ceci est admis dans l'empire germanique...

Les alcalis et les bases alcalino-terreuses changent la pectine en *pectates*. Ceux-ci, traités par les acides, fournissent de l'*acide pectique insoluble*. Les acides la changent en acide *métapectique*. L'eau bouillante présente une réaction analogue; mais elle change d'abord la pectine en *parapectine*. La pectine pure ne précipite pas par l'acétate de plomb; elle se change en *acide pectosique* sous l'influence de la *pectose*.

La *parapectine* précipite par l'acétate de plomb... elle est insoluble dans l'alcool.

L'ébullition avec les acides étendus change la parapectine en métapectine, comme dans le cas de la pectine. La métapectine ou l'*acide métapectinique* est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, et se change en pectate par l'action des bases, comme la pectine et la parapectine. Elle précipite par le chlorure de baryum et le nitrate d'argent.

La *pectase* est un *ferment* qui accompagne la pectose; elle est soluble dans l'eau, coagulable par l'alcool, transforme la pectine en acide pectosique, perd sa faculté transformatrice par l'ébullition, mais non par l'action de l'alcool. Elle est à l'état soluble dans les plantes neutres ou alcalines et à l'état insoluble dans les fruits acidulés.

L'*acide pectosique* est produit par l'action de la pectose sur la pectine, ou par l'action, *à froid*, des solutions alcalines ou de celles des carbonates alcalins ou de l'ammoniaque. L'acide pectosique est à peu près insoluble dans l'eau froide, insoluble dans l'eau acidulée, soluble dans l'eau bouillante.

Cette dissolution prend l'état gélatineux en refroidissant. L'acide pectosique se change en acide pectique par l'action de la pectose, de l'eau bouillante, d'un léger excès d'alcali...

L'*acide pectique est insoluble dans l'eau froide*, très-peu soluble dans l'eau bouillante, mais une *longue ébullition* le fait passer à l'état soluble en le changeant en un autre acide, qui paraît être le métapectique.

La pectine se change en acide pectique par l'action prolongée de la pectose; ce changement est *instantané* par l'action des dissolutions faibles de potasse, de soude, d'ammoniaque, de chaux, de baryte, de strontiane, de lithine, et par les carbonates alcalins. Les pectates qui en résultent abandonnent

l'acide pectique sous l'influence d'un acide approprié à la nature de la base.

Les pectates alcalins sont décomposés par la chaux et le chlorure de calcium; *le pectate de chaux et tous les pectates autres que les alcalins sont insolubles.* Les alcalis en excès changent l'acide pectique en acide métapectique.

L'*acide parapectique*, soluble dans l'eau, formant des sels solubles avec les alcalis et l'ammoniaque, précipitable par la baryte, s'obtient par l'action de l'eau bouillante sur l'acide pectique, par cette même action prolongée pendant des heures sur les pectates, ou par l'action d'une *température de* + 150° sur les pectates et les parapectates. Cet acide réduit le tartrate de potasse et de cuivre.

L'*acide métapectique*, soluble dans l'eau, formant des sels solubles avec toutes les bases, ne précipitant ni par la chaux ni par la baryte, précipitant par le sous-acétate de plomb et réduisant le tartrate de potasse et de cuivre, se produit dans plusieurs conditions : lorsque la pectine est traitée par les acides énergiques à l'ébullition; lorsqu'elle est soumise à l'action d'un excès de base alcaline; lorsque la dissolution de pectine est abandonnée à elle-même pendant plusieurs jours, surtout en présence de la pectose; lorsque les acides pectosique et pectique sont soumis à l'action des bases; lorsque l'acide pectique est abandonné dans l'eau pendant plusieurs mois; lorsque ce même acide, mis dans l'eau, est soumis à la chaleur ou à l'action des acides étendus, cette réaction s'opère en trente-six heures.

Afin de ne laisser aucun doute dans l'esprit du lecteur, nous n'avons avancé que les réactions des principes pectosiques qui sont consignés dans les ouvrages de chimie les plus modernes et les plus autorisés [1]. Nous allons voir maintenant quelles sont les conséquences logiques de ces réactions et combien il s'en faut que certaines craintes exagérées soient justifiables.

Si tout ce que MM. Scheibler, Stammer et autres ont dit sur la pectose et ses dérivés était exact, il faudrait se défier énormément de ces corps dans le travail industriel de l'extraction du sucre. Il n'en est rien, heureusement, et cet épouvantail doit être vu sous son véritable aspect.

1. Pelouze et Frémy, *Chimie générale*, t. IV, p. 350 et suivantes, 2e édition.

1° Dans une plante saine, dans un jus sain, il n'y a pas de pectine ; il n'y a que de la pectose et elle est insoluble dans l'eau froide.

2° Il est vrai que les débris de cellules contiennent de la pectose et que l'ébullition et l'action des acides changent la pectose en pectine... Mais, en supposant qu'il y ait de la pectine dans les jus chauffés qui contiendraient des traces de pectose, *on sait* que le tannin précipite la pectine à l'état de *composé insoluble*... *On sait encore* que la chaux la transforme en *pectate de chaux insoluble*... On n'a donc rien à craindre de ce côté, si l'on fait un chaulage convenable, ou si l'on emploie le tannin.

3° Il est vrai que, dans les plantes sucrières altérées, la pectose peut transformer la pectine en acide pectosique, mais cet acide est à peu près insoluble dans l'eau froide, et si l'eau bouillante et les alcalis le changent en acide pectique, cet acide peut *toujours* être éliminé par la chaux...

4° On comprend que l'acide pectique puisse être changé en acide métapectique par une *longue ébullition* dans l'eau ; mais personne n'est obligé de faire subir une *longue* ébullition au jus non purifié, et le pectate de chaux, que l'on peut toujours obtenir, n'a rien de commun avec cette réaction.

5° S'il se trouvait des pectates alcalins, ces sels étant décomposables par la chaux en *pectate de chaux insoluble*, il n'y a pas non plus à se préoccuper de cette hypothèse.

6° Il n'existe en sucrerie aucune circonstance dans laquelle on puisse produire l'acide métapectique ou l'acide parapectique... Pour s'en convaincre, on n'a qu'à relire le résumé ci-dessus des réactions qui produisent ces acides.

Conséquences. — De ce qui précède, et de toutes les notions de chimie les mieux vérifiées sur la matière, il résulte que messieurs les oracles de la science allemande ont parlé en aveugles, uniquement pour dire quelque chose sur ce qu'ils ne savent pas assez, et que les terreurs que l'on a voulu exciter au sujet des principes pectiques n'ont aucune raison d'être. On nous permettra de ne pas même demander à M. Scheibler et à son copiste compte de ce qu'ils peuvent appeler *sucre pectique* ou *pectinose*, parce qu'il y a de ces choses auxquelles on ne s'arrête pas quand on possède une nuance de bons sens. D'ailleurs, quand on avance des propositions de ce genre, on fait

connaître ce dont on parle, pour ne pas mériter le châtiment de l'anonyme.

En somme, on ne peut trouver de principes pectiques dans un jus sucré bien préparé, parce que, quoi qu'on fasse, il y a toujours élimination possible, sauf dans le cas où le jus est abandonné à lui-même pendant plusieurs jours, puisque nous ne pouvons admettre la possibilité d'une sottise plus grande encore, celle de l'ébullition avec les acides ou les alcalis en excès. Nous ne pouvons trop savoir quel a pu être le mobile de ceux qui ont créé l'absurdité que nous venons de combattre; nous nous en soucions fort peu, et il nous suffit d'avoir démontré l'inanité des craintes que l'on peut concevoir à cet égard. Il n'y a qu'une seule circonstance où l'on ait à craindre quelque chose des matières pectiques; c'est à elles qu'il faut attribuer, au moins en grande partie, la coloration brune des jus par l'action prolongée de l'acide carbonique, et nous verrons, plus tard, que cet inconvénient peut toujours être évité.

Ce ne sont pas les matières pectiques qu'il convient de redouter en sucrerie, puisque, dans un cas, il ne *peut* y en avoir, et que, dans l'autre, elles *doivent* toujours disparaître; c'est l'absence de soins et d'attention qui semble être à l'ordre du jour dans le plus grand nombre des fabriques. Qu'est-ce donc qui empêche de surveiller la conservation des racines dans la sucrerie indigène, de prêter attention aux altérations de la matière première, partout, dans la sucrerie exotique comme dans la fabrication européenne, de ne laisser séjourner de liquides nulle part inutilement; qu'est-ce qui s'oppose à l'emploi du tannin et de la chaux, dans le but de se débarrasser de la pectine, et, par conséquent, des produits qui en dérivent? Un peu de propreté serait fort loin de nuire aux opérations et à leur régularité, et si la fabrication était suivie avec intelligence, on ne chercherait pas à rejeter des fautes réelles sur le compte d'ennemis imaginaires.

III. — ACTION DES GRAISSES, DES RÉSINES ET DES ESSENCES.

L'influence de la *matière grasse* sur les jus sucrés ne présente une certaine valeur que dans le cas d'altération des substances saccharines ou des jus. Dans cette circonstance, en effet, les graisses possèdent la propriété très-caractéristique de produire

des dégénérescences de la fermentation et de déterminer la formation de produits lactiques, butyriques, mannitiques ou visqueux. Ces formes de la fermentation sont plus nuisibles que la forme alcoolique, régulière et normale, en ce sens qu'elles conduisent plus rapidement à la désorganisation de la masse, et pour d'autres raisons encore, que nous étudierons plus loin.

Dans les matières saines et les jus non altérés, les principes gras peuvent toujours être éliminés par la chaux, à l'exception de la *glycérine*, qui les accompagne et joue le rôle de *base* dans les composés gras que l'on rencontre le plus fréquemment. C'est là le véritable inconvénient des graisses et la glycérine isolée passe dans les résidus, en entraînant une certaine proportion de sucre engagé.

Cette idée doit faire réfléchir les fabricants qui ont la mauvaise habitude d'*abuser* de la matière grasse pour s'opposer aux mousses qui se produisent dans le traitement, et nous verrons qu'il serait plus avantageux d'employer à cet effet des acides gras, privés de glycérine, plutôt que des composés renfermant encore ce principe.

En ce qui concerne les *matières résineuses* ou *résinoïdes* qui peuvent exister dans les substances sacchariferes ou dans les jus, comme ces matières sont insolubles dans les liqueurs aqueuses, ou à peu près, leur action peut être considérée comme nulle et, sauf le cas où elles présentent une odeur désagréable, il n'y a pas lieu de s'en préoccuper.

Nous n'en dirons pas autant des *principes essentiels*, volatils, dont les uns, comme dans la betterave, sont doués d'une odeur nauséeuse et presque fétide, dont les autres, comme dans la canne, constituent presque des parfums. Il est clair que, dans la première circonstance, on doit chercher à s'en débarrasser, tandis que, dans la seconde, il est, au contraire, avantageux de les conserver. L'odeur agréable du *miel de canne* donne une qualité de plus au sucre brut, à la moscouade qui en provient, et l'essence fétide de la betterave s'oppose à la consommation directe des sucres bruts de cette origine.

Or, les essences disparaissent, en grande partie, par le traitement sucrier; le chaulage des jus en élimine plusieurs à l'état insoluble; l'action du tannin, du biphosphate de chaux, ou de l'acide phosphorique, est très-énergique dans ce sens.

Une moindre quantité de ces réactifs laisse subsister dans les sirops de canne une portion suffisante des principes odorants, et l'on voit facilement que, dans les deux cas, ces matières ne peuvent présenter d'obstacle sérieux.

Le seul reproche fondé que l'on puisse adresser à ce groupe de matières étrangères est celui que nous avons formulé relativement à la glycérine, qui doit être rangée, pour une portion relativement faible, parmi les substances qui augmentent la quantité des résidus de la fabrication.

IV. — INFLUENCE DES MATIÈRES AZOTÉES.

Nous savons que les végétaux saccharifères contiennent des matières albuminoïdes, telles que l'albumine, la légumine, le gluten, la fibrine, la caséine, etc., etc. Nous avons donné les détails analytiques relatifs à la composition de ces matières (t. I, p. 215). A ces divers principes il convient d'ajouter l'*asparagine* que l'on rencontre fréquemment et dont l'influence présente quelques caractères utiles à connaître.

Nous n'insisterons pas sur un *principe orangé*, dont quelques observateurs ont signalé l'existence, parce que, d'abord, il existe rarement et en très-petite proportion dans les jus de betterave et que, d'ailleurs, il est éliminable en partie par la chaux et en totalité par le tannin. On n'a pas étudié suffisamment ce corps pour pouvoir en indiquer l'action sur les jus sucrés, mais il est hors de doute qu'il présente les principales propriétés des autres matières azotées.

Les plantes sucrières, qui ont crû dans des champs fortement fumés à l'aide d'engrais très-azotés, renferment une proportion plus considérable de substances albuminoïdes. Ce fait a été démontré dans le deuxième livre de notre premier volume, et tous les observateurs sont maintenant d'accord sur ce fait. Aussi, tous les écrivains, désintéressés dans la question, proscrivent-ils aujourd'hui l'emploi des engrais perazotés dans la culture des plantes à sucre, et avons-nous la satisfaction de les voir se rallier à la doctrine que nous avons soutenue dès les premiers temps de la théorie azotée, lorsque, tout en reconnaissant l'utilité et même la nécessité de l'azote pour la vie végétale, nous nous prononçions contre le rôle exagéré qu'on voulait lui attribuer, et surtout contre l'emploi des matières qui

en contiennent un grand excès, dans la culture des végétaux saccharifères.

Ce qui suit va faire saisir au lecteur l'importance de ce principe cultural, et lui faire voir combien il est indispensable de se mettre en garde contre des théories hasardées.

Du ferment. — Nous n'avons pas à nous occuper, actuellement, des rêveries de M. Pasteur, ni de celles de quelques personnalités non moins vaniteuses, au sujet du *ferment*. Nous ne voulons pas sortir de ce que l'on *sait* et, en matière de pratique et d'observation, les systèmes, les hypothèses, les *conceptions*, nous touchent fort peu.

Or, d'après ceux qui ont *vu*, qui n'ont pas un intérêt personnel ou de gloriole académique à *mal voir*, le ferment développé est une *cellule* close, à parois membraneuses, *vivante*, se nourrissant, se reproduisant, et mourant, comme tous les êtres vivants, et dont le rôle capital consiste dans la transformation des principes organiques en leurs éléments. Sans songer à rappeler, même de loin, les pages étincelantes, dans lesquels M. Michelet a retracé, avec tant de poésie, les faits et les lois de la vie par la destruction; placé, d'ailleurs, sous les exigences d'un cadre plus sévère, nous disons que tout corps organique est soumis à l'action de ce minuscule, de cet infinitésimal, qu'on nomme le ferment, faute d'une appellation plus significative et plus exacte. Partout où les principes organiques cessent d'être protégés par la *vie*, par l'*agrégation*, par cette force d'*association fonctionnelle*, dont la puissance confond et étonne, ils deviennent aussitôt la *proie* de cette cellule microscopique, de cette fraction de millimètre cube [1], qui dévore, digère et transforme tout ce qui appartient à la nature animale ou végétale, ne dédaignant que la matière minérale, la seule qui soit rebelle à son action. Le travail de ce grand *simplificateur* a pour résultat de détruire les composés créés par la vie, de les ramener à une forme plus élémentaire, qui leur permettra d'entrer dans de nouvelles combinaisons, de faire partie de nouveaux êtres et d'être emportés de nouveau dans le torrent de ce tourbillon éter-

1. Le globule de ferment entièrement développé offre un volume moyen de

$0^{mc}.000.000.000.000.005.5$,

c'est-à-dire de *cinq à six millioniêmes de millimètre cube!*

nel, où *rien* ne se détruit, mais où *tout* change et se transforme.

C'est ce globule, imperceptible à nos sens, qui est l'ouvrier le plus utile du grand œuvre, celui qui sert de pourvoyeur infatigable à l'immense fabrication de la vie, qui change les cadavres des hommes, des animaux et des plantes, en quelques parcelles de substances minérales et en une quantité, proportionnelle à leur masse et à leur composition, d'acide carbonique et d'ammoniaque.

Mais, parmi les composés organiques qui, tous, sont transformés par le ferment en un temps plus ou moins long, ceux qu'il attaque avec le plus de violence sont les corps hydrocarbonés solubles et, parmi ceux-ci, les *sucres*. Le ferment, en présence de l'eau, de l'air et d'une température suffisante, absorbe le sucre, le digère, et il excrète de l'alcool et de l'acide carbonique. Il suffit de l'*unité pondérale* de ferment pour transformer cinquante unités de sucre.

Mais le ferment est azoté. La composition intime de cet organisme exige, pour qu'il s'accroisse et se reproduise, la présence de matières albuminoïdes, azotées ou protéiques, solubles et, lorsque ces matières nutrimentaires ne lui font pas défaut, il se multiplie, d'une manière prodigieuse, par voie de bourgeonnement latéral. Dans cette condition, *un* de ferment primitif peut se décupler dans certaines circonstances. Dans les conditions les plus habituelles, cette multiplication s'élève à 7 ou 8 fois le poids des globules primitifs, et le ferment jeune est doué d'une activité bien plus considérable que les cellules plus vieilles, arrivées à leur entier développement et qui vont, à leur tour, tomber sous les lois de la désagrégation.

Si un kilogramme de ferment, existant dans une solution sucrée, peut détruire cinquante kilogrammes de sucre, cette quantité peut s'élever à 400 kilogrammes, en présence des matières albuminoïdes solubles. Mais, comme les globules de reproduction se multiplient comme les cellules-mères, on comprend que cette destruction du sucre est indéfinie dans la plupart des circonstances et qu'elle ne s'arrête que par la disparition de ce principe, ou lorsque l'alcool produit s'élève au cinquième du volume du liquide, les solutions alcooliques paralysant l'action du ferment, lorsqu'elles arrivent à ce point de richesse.

Nous voyons déjà toute l'influence du ferment sur les jus sucrés et les matières saccharifères et nous comprenons la nécessité absolue où nous sommes placés d'éliminer, de détruire, ou de paralyser cet ennemi infatigable.

Tous les végétaux contiennent assez de globules pour que les jus qui en proviennent perdent, en très-peu de temps, la totalité de leur sucre, et cet effet est tel, dans les conditions régulières, que 100 litres de jus, à 20 0/0 de sucre, peuvent n'en plus présenter de traces en 60 heures, ce qui répond à une perte de 300 à 350 grammes par heure et par hectolitre. Moins les jus sont riches en sucre et plus est grande la rapidité de la transformation [1].

Nous ajouterons encore ici que le produit de la *digestion* du ferment varie avec la nature des *matières ingérées*... Si le résultat régulier est de l'alcool et de l'acide carbonique, lorsque le ferment absorbe du sucre dans un milieu approprié, la transformation complète du sucre n'a pas toujours lieu, dans d'autres conditions, et il arrive que la fermentation change le sucre en acides lactique et butyrique, en matière visqueuse ou glaireuse et en mannite, etc.; mais le principe saccharin n'est pas moins détruit et les conséquences en sont tout aussi désastreuses pour le producteur de sucre... »

On paralyse l'action du ferment par la chaleur; on le détruit par les acides et par les alcalis; il est précipité par le tannin et la chaux. Les sucres purs ne fermentent pas lorsqu'ils sont secs, mais il peut se produire des *moisissures* sur les sirops qui renferment des matières albuminoïdes [2].

Action des matières azotées sur les matières saccharines. — On sait que l'albumine et ses congénères sont l'aliment essentiel du ferment. Il en résulte que, dans toute altération fermentative des matières sucrées ou des plantes saccharifères, les substances albuminoïdes sont la cause capitale de la reproduction et de la multiplication des globules. Le ferment qui n'est pas accompagné de matières nutrimentaires détruit une certaine proportion de sucre, après quoi, il tombe

1. Y a-t-il lieu de s'étonner de ces faits lorsque l'on songe au nombre des globules actifs qui peuvent se trouver dans un jus, et quand on sait que *un décilitre de ferment pressé contient de 5 à 6 milliards de cellules*?

2. Voir les *Notes justificatives*, à la fin du volume.

dans l'inertie et cesse d'avoir une action nuisible directe. Il ne continue à être pernicieux au sucre que parce que, en se décomposant, il fournit de l'aliment à d'autres globules; mais en somme, le fait est très-limité. Il n'en est pas ainsi lorsque les matières albuminoïdes abondent dans une plante ou un jus, et fournissent des aliments à la multiplication des cellules de ferment. Les globules qui ont épuisé leur action et qui ont parcouru les phases de leur existence meurent, il est vrai, mais ils sont remplacés par une légion nouvelle de globules jeunes et actifs, qui détruisent, en peu de temps, des quantités considérables de matière succrée.

Ce n'est là qu'un des côtés de l'action sur le sucre des matières azotées, considérées comme aliment du ferment, et cette circonstance particulière, cette destruction du sucre peut ne pas être observée si les matières saccharines sont l'objet de soins judicieux de conservation, si elles ne sont ni meurtries ni lésées, et que les autres conditions essentielles de la fermentation soient écartées. Mais l'influence des matières azotées se montre toujours dans les jus et nous allons voir que le fabricant de sucre n'a guère d'ennemi plus redoutable à combattre que ces substances, non-seulement dans les silos et le parc aux cannes, mais, encore et surtout, dans les bacs et à la chaudière.

Les matières albuminoïdes peuvent se partager en deux groupes, par rapport au traitement des jus sucrés : elles sont solubles ou insolubles. L'*albumine* est soluble, mais elle se coagule par la chaleur et passe à l'état insoluble. La *légumine* est très-soluble, mais non coagulable. Le *gluten*, la *fibrine* et la plupart des autres substances azotées sont insolubles, en sorte que, sauf pour la légumine, la question revient à dire que, dans le travail, toutes les matières azotées deviennent insolubles, à un moment donné. On serait tenté de croire que, dès lors, l'élimination de ces corps est devenue facile. Ce serait une erreur d'autant plus funeste qu'elle ne repose que sur des apparences.

Les matières azotées insolubles se dissolvent à chaud, par l'action prolongée de l'*eau seule*, et elles peuvent toutes passer à l'état de *gélatine* en un temps plus ou moins long. Dès les premiers instants de l'action de la chaleur sur les matières azotées insolubles, en suspension dans l'eau, il y a un commence-

ment de dissolution, et l'on peut s'assurer de ce fait par les réactifs, sur un peu de liquide filtré. Toutes les matières azotées peuvent passer à l'état de *gélatine* sous cette seule influence.

Cette transformation est hâtée par la présence des acides qui dissolvent, même à froid, des quantités notables de substances albuminoïdes insolubles. On peut se convaincre de ce fait en plaçant un peu de gluten, d'albumine coagulée, de fibrine, de caséine, de tissu membraneux, dans une solution aqueuse acidulée, même par des sursels, et l'on s'assurera, par la réaction du tannin sur les liqueurs filtrées, de la présence de la matière animale.

Les alcalis dissolvent facilement les substances protéiques ou azotées, en sorte que des liqueurs, devenues alcalines, peuvent dissoudre des quantités très-notables de principes albuminoïdes. Le sucrate de chaux, le lactate de la même base et un grand nombre de sels jouissent d'une propriété dissolvante analogue.

Il est donc bien évident que, en supposant toute l'albumine coagulée dans un jus sucré, et en continuant de ne pas tenir compte de la légumine, ce jus renfermera une proportion plus ou moins grande de cette albumine qui se redissoudra sous forme de gélatine, avant tout autre traitement, uniquement par l'action de l'eau et de la chaleur, surtout si la liqueur est acidule ou alcaline.

Si l'on introduit de la chaux dans un jus, *une portion* de la matière albuminoïde se combine à cette base, mais une portion seulement, en sorte que l'on ne peut pas admettre le traitement par la chaux comme un moyen complet d'élimination des matières protéiques.

D'ailleurs, l'action de la chaux met toujours en liberté, dans les jus sucrés, une certaine quantité de potasse et de soude, en sorte que la liqueur, déjà alcalisée par la chaux et le sucrate, l'est encore par les alcalis proprement dits. Elle se trouve donc dans les meilleures conditions pour que les substances albumineuses puissent s'y dissoudre en *quantité proportionnelle à la durée du contact.*

Or, ces matières dissoutes passent dans la suite du traitement et, avec elles, la légumine et les matières transformées en gélatine. Les agents employés pour éliminer la chaux ne

font repasser sous la forme insoluble qu'une partie de celles qui étaient dissoutes à la faveur de cet oxyde alcalino-terreux, et les substances albuminoïdes dissoutes ou solubles se retrouvent dans les jus à la concentration et à la cuite, pour partie au moins, lorsqu'on a suivi les traitements ordinaires et qu'on ne les a pas éliminées de prime abord par l'emploi d'un tannin.

Même dans le cas où l'on s'est servi de cet agent, le meilleur de tous, puisqu'il a la propriété d'éliminer la pectine aussi bien que les matières azotées, il peut se faire que le tannate de matière albumineuse soit dissous en partie, si les matières premières sont altérées et si elles renferment de l'acide lactique. En effet, l'acide lactique dissout très-bien les combinaisons du tannin avec les matières azotées et il faut tenir un très-grand compte de cette circonstance.

Il résulte de là que l'on trouve de la matière albuminoïde dans les produits qui ont subi la purification des usines. C'est à la présence de ces matières qu'il faut attribuer les *mousses* qui gênent la concentration et la cuite.

Il convient cependant de faire une distinction capitale. Lorsque l'on fait concentrer une dissolution de sucre pur, de gomme, de dextrine, et qu'il ne reste plus que peu d'eau à évaporer, il se produit toujours des mousses vers la fin du travail. Ces mousses ont la propriété de s'affaisser et de disparaître par le refroidissement, parce qu'elles ne sont produites que par des bulles de vapeur, lesquelles se sont trouvées enveloppées d'une mince couche de sirop en arrivant à la surface du liquide, et que, par le refroidissement, cette vapeur se condense, ce qui amène l'affaissement de la couche de sirop. Si, au contraire, ces mousses sont dues à la présence de la matière albumineuse, elles sont persistantes et forment à la surface des sirops une couche de matière visqueuse, composée de sirop et de substance azotée.

Nous avons entendu plusieurs fabricants, ignorants de leur profession, attribuer ce phénomène à la fermentation. Il n'en est rien; les sirops ne fermentent pas, au moins dans ces conditions, et il leur aurait suffi, pour constater leur erreur, de faire bouillir un peu de cette couche avec une dissolution de potasse ou de soude caustique. Ils auraient vu que cette matière est soluble dans les liqueurs alcalines et qu'elle dégage

de l'ammoniaque par l'action des alcalis, ce qui est le caractère des matières azotées...

Quoi qu'il en soit, la présence des matières albuminoïdes dans les jus sucrés forme un obstacle à la concentration et à la cuite, et nous ajoutons qu'elles retardent ou empêchent la cristallisation du sucre, dont elles emprisonnent les cristaux dans un magma gélatineux qui s'oppose à leur réunion.

Nous savons que la chaux enlève une partie de ces matières à l'état insoluble, qu'une autre portion est décomposée par la réaction des alcalis, qu'une autre partie est absorbée par le *noir;* mais il n'est pas moins exact de dire qu'il en reste presque toujours une quantité notable dans les produits, et que la présence de ces matières augmente beaucoup la proportion des mélasses en engageant du sucre et en faisant obstacle à sa libre cristallisation. C'est là un des plus puissants obstacles à l'obtention du rendement et l'on ne peut y obvier d'une manière sérieuse que par une bonne conservation des matières saccharifères et par l'emploi du tannin.

Nous avons indiqué (t. I, pages 212 et suiv.), les principales propriétés de ces substances, et nous ne nous y arrêterons pas davantage, quant à présent, ce que nous venons d'exposer suffisant à faire comprendre de quelle nécessité il est pour le fabricant de procéder à une élimination rigoureuse des matières albuminoïdes qui se trouvent dans les jus.

Nous terminons ce paragraphe par quelques notions sur l'*asparagine*, qui existe, en petite proportion, dans les jus de betterave, bien que, en raison même de cette circonstance, elle ne nous paraisse pas mériter l'attention qu'on lui a accordée.

L'*asparagine* est azotée; sa composition est représentée par le symbole $C^8H^8AzO^6$. Elle cristallise en prismes. Cette substance est soluble dans l'eau bouillante et les solutions alcalines ou acides étendues, insoluble dans l'éther et l'alcool pur. Elle dévie le plan de polarisation de la lumière: à droite, si la solution est acide; à gauche, si elle est alcaline.

L'asparagine, en dissolution dans l'eau, se change en *aspartate d'ammoniaque;* mais cette réaction est surtout rapide à chaud dans les liqueurs acides. L'asparagine fournit un aspartate alcalin, quand on la traite par les solutions alcalines concentrées.

Elle se combine aux acides et aux bases telles que la potasse, la soude, la chaux, etc.

L'acide aspartique, résultant de l'action des bases ou des acides sur l'asparagine, dévie le plan de polarisation des rayons lumineux comme l'asparagine elle-même.

Les aspartates sont presque tous solubles, en sorte que l'acide aspartique, produit aux dépens de l'asparagine, peut être considéré comme augmentant la proportion des mélasses, bien que l'augmentation, due à ce principe, soit à peu près insignifiante.

Nous avons trouvé dans les jus de betterave deux *alcaloïdes*, ou matières azotées cristallisables dont l'une a été également reconnue par le docteur Scheibler. Ces matières sont trop peu importantes pour que nous nous arrêtions ici à décrire leurs caractères. Nous en dirons quelques mots plus loin, lorsque nous parlerons des *bases végétales*.

V. — ACTION DES ACIDES VÉGÉTAUX.

Si nous recherchons maintenant quelle peut être l'influence, sur le sucre, des acides végétaux que l'on peut observer dans les matières saccharines et les jus sucrés, nous trouvons, d'après les témoignages unanimes de tous les expérimentateurs, que ces acides, à l'exception de l'*acide acétique* et du *tannin*, ont la propriété de changer le sucre prismatique en sucre incristallisable, avec une rapidité d'autant plus grande que l'action se fait à chaud et à l'aide d'une proportion d'acide plus considérable.

Cette proposition ne fait aucun doute pour personne, quand on l'applique aux acides minéraux et, jusqu'ici, on n'a guère rencontré que M. Kessler pour nier cette transformation du sucre par ces derniers acides, transformation que les études les plus élémentaires sur la matière sucrée apprennent à ne pas méconnaître.

Or, les acides végétaux, sauf l'acide acétique et le tannin, ont la même propriété que les acides minéraux et la première démonstration de cette réaction repose sur ce fait que, nulle part, dans la nature, on ne rencontre de sucre prismatique dans les végétaux à séve acidule et que l'on n'y trouve jamais que le sucre incristalisable. A côté de ce fait et des expériences de laboratoire qui le confirment, on sait que, lorsque les matières

sucrées commencent à s'altérer et à prendre l'état acide, elles perdent progressivement leur sucre prismatique, lequel est transformé en sucre incristallisable.

Nous n'insisterons donc pas sur des choses parfaitement connues et nous nous contenterons de faire remarquer la nécessité de la neutralisation des acides qui se trouvent dans les jus sucrés et les solutions saccharifères.

Si l'*acide acétique* n'a pas une action directe et immédiate sur le sucre, il n'en est pas moins constant, d'après nos observations, que la présence de cet acide et des acétates alcalins favorise la production des phénomènes de la fermentation mannitique ou visqueuse, et que les sirops faibles à 20° ou 25° B. ne sont pas eux-mêmes à l'abri de ce genre d'altération, quand ils renferment des acétates de la première classe métallique, ou de l'acide acétique libre.

L'*acide lactique* dissolvant les matières protéiques, même quand elles ont été précipitées par le tannin, on comprend que les matières altérées ne peuvent produire tout leur rendement, puisque ces substances albuminoïdes engagent une notable quantité de sucre.

On ne connaît pas l'action de l'*acide pectique* sur la matière sucrée, par la raison qu'il n'en a pas été fait d'étude spéciale et que cet acide, ne se rencontrant que très-accidentellement dans les jus, est neutralisé par la chaux dans les circonstances habituelles. L'*acide parapectique* altère le sucre, mais son premier effet est de produire la coloration des liquides sucrés où il se trouve à l'état de parapectate.

Les *acides citrique*, *malique*, *tartrique*, intervertissent le sucre cristallisable et le transforment en sucre liquide ou en glucose de la formule $C^{12}H^{12}O^{12}$...

On peut remarquer, à ce sujet, combien les écrivains spécialistes, qui se sont occupés du sucre, ont agi à la légère lorsqu'ils ont répété à tout venant qu'il était indispensable de faire subir aux jus sucrés un traitement tel qu'ils conservent, en définitive, une faible alcalinité. Nous-mêmes avons reproduit cette opinion, sans, toutefois, lui accorder une créance complète. En entendant des praticiens dire à tous les échos que la cristallisation est plus belle dans les sirops alcalins, nous avions cru nous être trompé et nous avions pensé que certaines circonstances leur donnaient raison contre ce qui était notre

conviction intime, savoir qu'il est indispensable d'agir sur des liqueurs neutres. Depuis lors nous avons vu et, malgré les dires contraires de plusieurs, nous maintenons qu'on ne peut espérer faire un bon traitement des jus sucrés que par une neutralisation réelle. Tout en réservant pour une autre étude l'examen détaillé de cette proposition, nous ne pouvons nous empêcher de soumettre au lecteur, et dès maintenant, quelques raisons qui donnent à notre opinion une très-grande force et qui dépendent de ce qui a été exposé dans ce chapitre.

1° En supposant que les liquides soient acides, il y aura inversion du sucre, production de glucose, de corps dérivés de la pectine, etc., dissolution de matières étrangères diverses, etc., et les pertes peuvent atteindre une proportion très-notable.

2° En supposant que les liqueurs soient maintenues alcalines, on aura, dans les produits, par le fait même de cette alcalinité, une certaine quantité de chaux à l'état de sucrate, qui augmentera d'autant la quantité des matières minérales des sucres. D'autre part, par là même que les liqueurs sont alcalines, elles retiennent toujours une quantité relative de potasse et de soude, dont l'action destructive sur le sucre n'est guère contestée que par M. Stammer, ce qui ne suffit pas pour infirmer un fait positif. Nous verrons plus loin quelles sont les conséquences de la présence des alcalis à l'égard du sucre.

3° Quant à présent, il nous suffit de rappeler au lecteur que l'action des alcalis, dans les dissolutions aqueuses chaudes, transforme le glucose en une matière brun-marron, qui colore fortement les produits et augmente les mélasses en pure perte; que cette même action agit sur la pectose et la pectine en produisant des corps dérivés et, notamment, de l'acide parapectique, qui colore les liquides en brun, lors de la *carbonatation;* que, sous l'influence des alcalis, les matières azotées insolubles se dissolvent et rendent la concentration et les cuites difficiles et les cristallisations pénibles et lentes; enfin, que l'alcalinité des produits n'est pas moins à redouter que leur acidité, quoique les conséquences en soient différentes.

On ne doit donc pas tolérer, dans les jus sucrés, la présence des acides libres qui intervertissent et détruisent le sucre, sans parler des autres inconvénients qu'ils déterminent; mais les alcalis sont loin d'être plus inoffensifs, bien qu'ils ne détruisent pas le sucre prismatique aussi rapidement ni en proportion

aussi notable, et nous maintenons que, dans toute fabrication bien comprise, les jus sucrés doivent être *neutres*, après leur purification.

VI. — ACTION DES BASES VÉGÉTALES.

C'est ici une question très-secondaire. On ne connaît pas encore les bases végétales contenues dans la canne, le sorgho et le maïs. En ce qui concerne la betterave, Scheibler a trouvé dans les jus un alcaloïde qu'il nomme *bétaïne*, et dont les propriétés sont : une grande solubilité dans l'eau et l'alcool, une cristallisation facile, une saveur douceâtre. Cette substance est inodore et ne paraît pas avoir d'action sur le plan de polarisation de la lumière. Elle précipite par le tannin.

Nous avons découvert un autre alcaloïde de la betterave, presque insipide, cristallisable en prismes, très-peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool à chaud et formant facilement, avec les acides, des sels cristallisables, dont la solution précipite par le tannin, la potasse et l'ammoniaque. Cet alcali se trouve dans les dépôts calcaires du traitement des jus; il suffit de reprendre ces dépôts par l'acide sulfurique faible, pour obtenir un dépôt de sulfate de chaux et une solution de *sulfate de bétine*. Cette solution est précipitée par l'ammoniaque, et le précipité, lavé, est repris par l'acide chlorhydrique faible. La liqueur est concentrée en consistance de sirop et le chlorhydrate cristallise en aiguilles soyeuses ou en houppes. Il est probable que, par un procédé analogue, on trouverait quelques-unes des bases propres à la canne, au sorgho, etc., on pourrait encore extraire les alcaloïdes précipités des jus par le tannin...

Nous ne nous appesantirons pas sur la valeur de ces corps relativement au sucre, parce que c'est à peine si la proportion en est digne d'être notée et que, d'ailleurs, dès qu'ils sont précipitables par le tannin ou par la chaux, ils ne peuvent exister en quantité considérable dans les produits de la fabrication sucrière.

VII. — INFLUENCE DES MATIÈRES MINÉRALES.

Un des points les plus controversés de la pratique industrielle est, peut-être, l'action des matières minérales sur le su-

cre et les liquides sucrés. Nous allons chercher à porter un peu de lumière dans la nuit que l'on semble avoir faite à dessein autour de cette question importante. Comme tout le monde, nous partagerons les matières minérales en *oxydes* ou *bases*, en *acides* et en *sels*. Nous ne nous occuperons que de ceux de ces corps qui accompagnent le sucre, ou que l'on introduit le plus communément dans les liquides sucrés, dans le but de les purifier ou de les débarrasser des matières étrangères.

Action des oxydes minéraux ou des bases. — Les principaux oxydes minéraux qui peuvent se trouver en présence du sucre, dans les liquides saccharifères, sont : la *potasse* et la *soude*, ou les *alcalis* proprement dits, les *carbonates alcalins*, la *chaux*, la *baryte*, la *strontiane*, la *lithine*, la *magnésie*, l'*alumine*, l'*oxyde de fer*, l'*oxyde de zinc* et l'*oxyde de plomb;* nous en étudions rapidement les propriétés les plus saillantes, en ce qu'elles peuvent avoir d'intéressant pour la fabrication sucrière.

Potasse et soude. — M. Stammer professe cette opinion : « *Une solution de sucre pur, additionnée d'alcali* (soude caustique ou lait de chaux) *reste incolore, même à l'ébullition;... Les solutions ne se décomposent que difficilement tant qu'elles sont alcalines...* »

La manière de voir de Walkhoff est diamétralement opposée : « Les deux alcalis, dit-il... lors de la défécation, par une addition de chaux, qui s'unit aux acides, deviennent libres et à l'état caustique dans les jus, et *ils agissent sous cette forme comme destructeurs du sucre...* En chauffant une dissolution de *sucre pur* avec une plus grande proportion de ces bases alcalines, comme 10 0/0 du sucre, par exemple, *la dissolution se colore du jaunâtre au jaune*, selon mes expériences, qui ont été faites avec de la raffinade très-pure, quoi qu'on puisse voir, dans plusieurs ouvrages, que la dissolution de sucre cristallisé reste incolore dans ce cas. »

Le détail de l'expérience de Walkhoff mérite d'être consigné ici, afin de réduire à leur juste valeur les allégations non justifiées du docteur Stammer.

Pour se conformer à la moyenne que l'on rencontre dans les mauvais jus de betterave, il fut pris dix parties de raffinade

pure et une partie de potasse caustique pure, et l'on constata que la dissolution sucrée ne cristallisa que très-lentement *à froid*. « La masse était devenue tout à fait *gluante, jaune*, et présentait le caractère d'une *très-mauvaise masse cuite :* on en retira 40 0/0 de cristaux, d'où il suit qu'*une partie de potasse s'était opposée à la cristallisation de six parties de sucre.* »

Une ébullition plus longtemps prolongée fit prendre à la dissolution blanche une coloration foncée. « Elle ne cuisait que difficilement, à haute température, avec production d'une quantité considérable de petites bulles qui s'amoncelaient les unes sur les autres, comme si le liquide allait déborder. » La masse cristallisa; mais elle était visqueuse, gluante, muqueuse...

Il n'est pas besoin, pensons-nous, d'aller plus loin, ni même de rappeler que Michaëlis évalue à 6 0/0 la perte du sucre qui a été chauffé à + 100° en présence de la potasse, les indications de Walkhoff présentant un plus haut degré de précision. Par une coïncidence assez singulière, nous avons fait, nous-même, de 1856 à 1858, une série de vérifications sur le même sujet et en prenant exactement le même point de départ. Nous nous étions également fondé sur la composition moyenne des cendres des mélasses qui contiennent 10 0/0 de matières minérales, sur lesquelles on compte 7 à 8 dixièmes d'alcalis. Nos résultats ont été constamment les mêmes que ceux qui viennent d'être rapportés; le sucre s'est toujours fortement coloré et la saccharimétrie nous a accusé la transformation de la moitié du sucre après la cuite.

Il est probable que M. Stammer n'a pas fait de vérifications suivies sur le sujet qui nous occupe; car, s'il avait expérimenté, il ne lui aurait pas été possible d'affirmer une erreur aussi flagrante avec autant de désinvolture. Les alcalis transforment à chaud le sucre en glucose, puis en acide mélassique; voilà le fait acquis, dégagé des expériences, et dont il n'est pas possible de contester la portée.

A côté de cette première considération, il importe de ne pas perdre de vue celui que nous avons déjà signalé sur la coloration du glucose par les alcalis. Lorsque ces oxydes minéraux se trouvent dès l'abord en présence du glucose et du sucre, il se forme instantanément des sucrates alcalins, qui régissent sur le sucre pour le faire passer, au moins en partie, à l'état de glucose; ils transforment le sucre incristallisable préexistant

et celui dont ils ont déterminé la production en *acide mélassique*, et il en résulte une coloration brune d'autant plus foncée que le glucose est plus abondant. Nous rappelons à ce sujet que l'un des procédés usuels de l'essai du glucose consiste précisément dans la coloration déterminée par les alcalis. Nous pouvons déjà conclure de ces faits que l'une des plus grandes fautes que l'on puisse commettre en fabrication consiste à laisser subsister de l'alcalinité dans les jus, puisque cet état d'alcalinité est la cause principale de la coloration des produits.

Carbonates alcalins. — On a prétendu que nous étions dans l'erreur, lorsque nous affirmions que, dans la concentration et la cuite des solutions sucrées, les carbonates alcalins perdent leur acide carbonique, repassent à l'état caustique et forment de nouveau des sucrates alcalins, dont l'effet désastreux vient d'être démontré. Les auteurs et les reproducteurs de cette objection pourront se convaincre de la réalité du fait par l'expérience suivante :

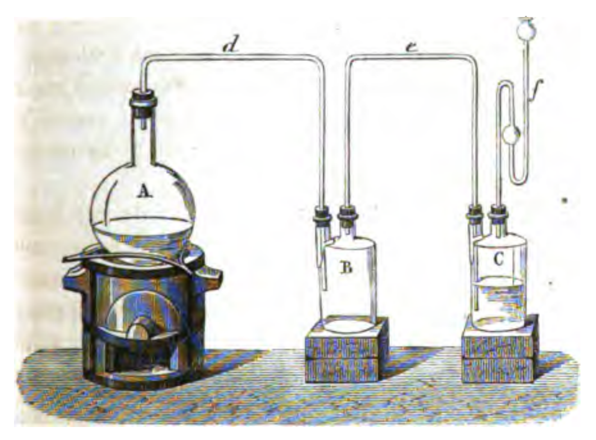


Fig. 1.

Soit le petit appareil représenté par la figure 1; que l'on place dans le ballon A une solution de *sucre pur* avec du carbonate de potasse ou du carbonate de soude, 1/10 du sucre. Le flacon intermédiaire B reste vide pour prévenir l'absorption, et le flacon C contient une solution filtrée d'acétate de plomb. La boule du tube *f* renferme un peu d'eau distillée pour empêcher

que l'acide carbonique de l'air puisse vicier les résultats. Si l'on chauffe le liquide de A, on observe que, dans les premiers temps de la concentration, le tube *d* porte en B de l'eau de vaporisation seulement. Bientôt les vapeurs arrivent en C et font barbotage dans l'acétate plombique. A mesure que la concentration s'avance, on voit la liqueur se colorer en A et un dépôt de céruse se forme en C. Cette démonstration est une réponse complète à cette classe de gens à phrases qui ont l'habitude de nier ce qu'ils ne comprennent pas, surtout lorsqu'ils sont gênés par les faits. Or, c'est ici le cas. Nous avons toujours soutenu cette thèse que l'action de l'acide carbonique, en transformant les sucrates alcalins en sucre libre et en carbonates, ne met pas à l'abri de l'influence des alcalis pour le reste des opérations, et qu'il importe de changer les carbonates alcalins en sels fixes, sans action sur le sucre. Cette proposition ne pouvait convenir à des théoriciens qui voient tout, en sucrerie, dans l'acide carbonique et le noir, et il était plus simple de nier. Nous le répétons, l'expérience est là; elle peut être faite par un enfant et ne demande aucun soin minutieux. Que l'on prenne la peine de vérifier.

Le sujet en vaut la peine, car cette démonstration établit les prémisses de conséquences graves, et elle fait voir que l'action de l'acide carbonique sur des jus alcalisés ne peut être regardée que comme une transition, comme une simple phase de la purification des jus sucrés, que l'on doit compléter par la fixation des sels alcalins en leur imposant une innocuïté définitive.

Chaux. — Nous savons que la chaux se combine au sucre pour former des sucrates, dont un est soluble à chaud et à froid et dont l'autre est peu soluble à chaud, mais se redissout par le refroidissement. En laissant de côté, pour le moment, la question relative aux combinaisons de la chaux et du sucre, nous nous bornons à chercher quelle est l'influence de l'oxyde calcique sur le sucre des jus et des solutions sucrées.

On peut dire que l'action de la chaux *pure* sur le sucre prismatique n'est pas destructive, en ce sens que, si une solution sucrée ne contient pas de glucose et si la chaux ne renferme pas d'alcalis, s'il n'y a pas d'alcalis ou de sels alcalins décomposables par la chaux dans la liqueur elle-même, une telle so-

lution peut subir l'ébullition en présence de la chaux pure sans que des altérations notables du sucre se produisent.

Si l'ébullition est longtemps prolongée, il se forme du glucose dans le liquide, et alors les phénomènes observés changent de nature. Il est d'observation, en effet, que la chaux agit sur le glucose dans le même sens que les alcalis, que, sous l'influence de la chaleur, elle détruit le sucre $C^{12}H^{12}O^{12}$, en formant des acides bruns qui se combinent à mesure de leur formation avec la chaux elle-même. Ce résultat, très-simple lorsqu'on agit sur une dissolution de sucre pur avec la chaux pure, se complique davantage lorsqu'on traite des jus naturels. En effet, dans ces liqueurs sucrées, les sels alcalins décomposables par la chaux fournissent des alcalis caustiques dont l'action se combine avec celle de la chaux pour réagir sur le glucose existant, pour en former de nouveau aux dépens du sucre prismatique, et pour déterminer la production des acides bruns qui colorent la masse. Toutes ces influences réunies détruisent une quantité notable de sucre, abaissent le titre et la valeur des produits et augmentent la proportion des résidus, dont la valeur est, en outre, fort diminuée.

En résumé donc, le côté important de cette question nous ramène à la nécessité d'éviter la présence du glucose dans les jus. Or, les matières saccharines altérées en renferment toujours, ce qui explique pourquoi les jus sucrés se colorent fortement par le chaulage, vers la fin de la saison, lorsque les matières premières sont altérées. Et ce n'est pas la chaux qu'il faut accuser de cette coloration, c'est dans l'existence du sucre incristallisable qu'il convient d'en rechercher la cause, c'est la négligence dans les soins apportés à la conservation des racines qui est la source de tous ces mécomptes. D'un autre côté, l'*action prolongée* des alcalis à chaud et de la chaux elle-même suffit pour produire du glucose et conduire à des résultats analogues à ceux qui dépendent de l'altération des matières premières, et il résulte de ce fait que la rapidité des opérations, surtout de celles dans lesquelles intervient la chaleur, est une des conditions nécessaires de la sucrerie. Ceci ne nous paraît pas avoir besoin de commentaires, et nous ne croyons pas avoir besoin d'insister à cet égard.

La chaux est soluble dans 778 parties d'eau à $+15^{\circ}$ et dans 1270 parties à $+100^{\circ}$, d'après les expériences de Dalton. Il en

résulte qu'une solution aqueuse de chaux, *saturée* à + 15°, laisse déposer plus du tiers (0,3874) de la chaux dissoute lorsqu'on la porte à l'ébullition. C'est à ce fait que l'on doit rapporter le phénomène de la moindre solubilité du sucrate calcique à chaud, et c'est la chaux elle-même qui détermine ce résultat. En dehors de cette considération, il est constaté que les liquides sucrés dissolvent beaucoup plus de chaux que l'eau pure, mais il ne nous semble pas que l'on soit encore assez fixé sur la nature intime des combinaisons de sucre et de la chaux, pour pouvoir en déduire des conséquences irréfutables. Il résulte, cependant, des expériences de M. Péligot que, dans une solution plus riche en sucre, il se forme des combinaisons plus riches en chaux, et l'on peut représenter les proportions de ces composés par les chiffres du tableau suivant dans des conditions très-diverses de richesse sucrière.

SUCRE DISSOUS dans 1000 parties d'eau.	COMPOSITION du sucrate formé dans les solutions sucrées.	
	CHAUX.	SUCRE.
25	0,138	0,862
50	0,153	0,847
75	0,169	0,831
100	0,181	0,819
125	0,183	0,817
150	0,185	0,815
175	0,187	0,813
200	0,188	0,812
225	0,193	0,807
250	0,197	0,803
275	0,199	0,801
300	0,201	0,799
325	0,203	0,797
350	0,205	0,795
375	0,208	0,792
400	0,210	0,790

Ainsi, dans une solution sucrée, riche en sucre, contenant 40 de sucre pour 100 d'eau, le sucrate formé se compose de 21 grammes de chaux pour 79 de sucre, tandis que, dans une liqueur pauvre, à 2,5 de sucre pour 100 d'eau, le sucrate ne contient plus que 13,8 de chaux, combinée avec 86,2 de sucre. Ces deux extrêmes correspondent, à peu près, le plus riche en chaux à la formule 3 CaO, 2 ($C^{12} H^{11} O^{11}$), et le plus pauvre à

CaO, $C^{12}H^{11}O^{11}$, en forçant les chiffres dans les deux cas. Nous ne pouvons tirer aucune déduction chimique de ces indications, et il se peut très-bien que les conditions de la combinaison du sucre et de la chaux soient toutes différentes de ce que l'on croit savoir aujourd'hui, ou, du moins, qu'il y ait un très-grand nombre de combinaisons possibles entre ces deux corps. Nous inclinerions volontiers vers cette idée que les divers composés de sucre et de chaux observés ne sont que des mélanges, en proportions variables, de monosucrate et de sesquisucrate, avec un peu de chaux en excès.

Dans tous les cas, si l'on fait bouillir une solution contenant un sucrate formé par les proportions de chaux qui viennent d'être indiquées, il se dépose un sucrate basique, contenant 32,94 de chaux et 67,06 de sucre sur 100 parties. On isole très-bien et très-facilement ce sucrate en filtrant la liqueur bouillante, et le dépôt, lavé à l'eau de chaux, puis à l'eau pure, est devenu peu soluble dans l'eau. Il reste cependant très-soluble dans les liqueurs sucrées, à toute température inférieure à + 60°, et l'on comprend que, de ce fait, il découle des applications utiles en sucrerie.

Ainsi, dans l'*hypothèse* où une solution sucrée, un jus, par exemple, riche à 10 0/0 de sucre, comme le jus de betterave, recevrait, à la purification, sur 1,000 litres, 22k,1 de chaux, il se formerait un sucrate à 181 millièmes de chaux, si une portion notable de la chaux n'était pas employée à former des composés avec les corps étrangers au sucre. Ce sucrate se décomposerait en deux sucrates différents, l'un de composition basique, contenant 32,94 de chaux sur 100, et l'autre, plus riche en sucre, qui aurait perdu une quantité de chaux équivalente à l'excès contenu dans le premier. Le sucrate basique se précipiterait avec les *dépôts*, au-dessus de + 60°, et il résulterait, de ce chef, une perte notable. L'autre resterait en dissolution, même à l'ébullition.

On conçoit par là qu'il est avantageux de fractionner le dosage de la chaux, et qu'il y a toujours une limite, qu'il importe de ne pas franchir, dans l'emploi de cet agent. Nous aurons à revenir sur ces faits qui touchent à l'une des études pratiques les plus sérieuses de la sucrerie.

Baryte, strontiane. — Ces deux oxydes alcalino-terreux ne

paraissent avoir sur le sucre qu'une action très-lente, à laquelle il faut le concours d'une ébullition prolongée, malgré le caractère alcalin bien prononcé de ces oxydes. Cette indifférence tient à la grande tendance que présentent les oxydes de baryum et de strontium, à former avec le sucre des combinaisons insolubles ou peu solubles.

Cependant, ce qui serait vrai pour les solutions de sucre pur devient beaucoup moins exact dans le cas des jus sucrés qui renferment des sels alcalins. Dans cette circonstance, en effet, les oxydes dont nous parlons agissent exactement comme la chaux, et même leur action est plus énergique. La chaux met en liberté les alcalis qui se trouvaient combinés avec des acides végétaux, mais elle n'a aucune action sur les sulfates. Au contraire, la baryte et la strontiane décomposent les sulfates alcalins et la presque totalité des alcalis combinés passe à l'état caustique sous leur influence.

Il y a donc à considérer, dans ce cas, l'action de la potasse et de la soude qui réagissent sur le sucre et le glucose, et il convient de ne pas attribuer à la baryte ou à la strontiane les effets qui proviennent de la potasse et de la soude devenues libres dans les liqueurs sucrées.

Lithine. — Nous ne parlons de cet oxyde que pour mémoire, son emploi n'ayant pas été mentionné par les expérimentateurs. Nous avons eu, une fois cependant, la curiosité de faire bouillir une dissolution de sucre avec un peu de lithine. Le liquide avait dissous une assez forte proportion de base et il devint coloré au bout de quelque temps d'ébullition. Cette expérience n'a pas été poussée plus loin, en sorte que nous ne la mentionnons que sous réserves.

Magnésie. — Cet oxyde n'a pas une grande action directe sur le sucre et il est précipité à peu près en entier par la chaux. Cependant on peut constater que le sucre peut dissoudre une certaine proportion de magnésie, et bien que la quantité de la base dissoute n'ait été déterminée, elle donne lieu à un précipité assez abondant par les réactifs.

D'un autre côté, les sels de magnésie ne sont pas sans inconvénient dans les produits de la sucrerie et nous indiquerons plus loin quelles sont les conséquences chimiques de l'emploi du sulfate de cette base pour la précipitation de la chaux.

Alumine. — Cette base est complétement sans action sur le sucre. Le seul inconvénient qu'elle présente repose sur sa lenteur à se déposer dans les dissolutions et sur le volume de son précipité gélatineux.

Oxyde de zinc. — Nous nous étions occupé de l'emploi des *sels à oxydes gélatineux* pour l'élimination de la chaux et la décoloration des jus [1]. Cette circonstance nous a permis de reconnaître le peu d'affinité qui existe entre le sucre et l'oxyde de zinc, dont on ne peut, d'ailleurs, se servir en sucrerie à raison de sa solubilité dans la plupart des réactifs.

Oxyde de fer. — Cet oxyde est précipité par la chaux dans la plupart des circonstances. Nous ferons remarquer, cependant, que le sucrate de fer n'est pas entièrement décomposé par l'acide carbonique et que les précipités de fer sont presque toujours aussi gênants que ceux d'alumine. Ceci devra être l'objet d'observations plus complètes dans la suite de ce travail.

Oxyde de plomb. — Très-soluble dans les liqueurs sucrées, bien que le sucrate de plomb soit peu soluble; mais comme ce sucrate ne se précipite qu'après quelque temps ou sous une réaction ammoniacale, il peut presque toujours rester un peu de plomb dans les liquides sucrés que l'on voudrait traiter par cet oxyde, surtout en présence des matières alcalines.

Action des acides minéraux. — Après ce qui a été exposé à propos de l'action des acides sur le sucre (t. I. p. 40), il semblerait inutile de revenir encore sur ce sujet, Tout le monde serait d'accord à cet égard si M. Kessler n'était venu apporter *le poids de ses opinions* dans la balance, dans une communication faite à l'Académie des sciences, le 5 novembre 1866. Ne voulant pas priver nos lecteurs d'un document aussi intéressant, nous le reproduisons *in extenso*.

Voici d'abord le texte de la lettre (7 novembre 1866), par laquelle M. Kessler adresse sa note au rédacteur du journal *l'Agriculture progressive*. Cette lettre mérite d'être l'objet de quelques observations...

1. On verra plus tard que M. Rousseau a emprunté à cette idée la formule de l'emploi du peroxyde de fer, qui l'a conduit aux résultats que l'on sait...

« Je viens de vous adresser par la poste un exemplaire de la note que M. M. Sainte-Claire Deville a bien voulu présenter pour moi à l'Académie des sciences et qui sera insérée dans son prochain compte rendu. J'y appelle l'attention sur une réforme qui me semble aujourd'hui indiquée dans l'industrie du sucre : *la substitution des acides à la chaux dans la défécation du jus*.

« Au début de mon procédé, je n'ai pas *osé* insister sur la donnée de l'emploi des acides en général, et je me suis limité dans *la présentation du biphosphate de chaux*, dont le nom même ne rappelle un acide que pour les chimistes. Mais aujourd'hui, le *succès bien assis* des sucreries que j'ai établies depuis deux ans pour l'emploi de ce corps auquel elles commencent à associer d'*autres acides* procurant les mêmes résultats, me permet de proposer hardiment cette donnée.

« L'adjonction du filtre-presse aux sucreries existantes, où il a rendu les mêmes services que dans les miennes, place leur matériel en situation de faire sans changements l'essai de *mes acides*, et je suis tout disposé à les surveiller personnellement, *assuré* que je suis *du bénéfice et de la beauté des produits* qui en résulteront pour eux. »

Les tâtonnements de M. Kessler, qui n'avait pas *osé* d'abord présenter l'*emploi des acides en général* et qui s'était limité dans la *présentation du biphosphate de chaux*, nous étonnent d'autant moins qu'il aurait dû hésiter toujours et n'oser jamais. La présentation du biphosphate de chaux n'a rien non plus de bien étrange, puisque, depuis 1842, l'emploi de ce produit est dans le domaine public, et que ces emprunts au bien de tout le monde n'ont rien de surprenant. Ce qui est plus extraordinaire, c'est *le succès bien assis* des sucreries de M. Kessler et l'*assurance* qu'il manifeste sur le *bénéfice* et la *beauté des produits*... Nous ne lui ferons pas à cet égard de critiques trop sévères et nous nous contenterons de renvoyer le lecteur, désireux de renseignements, aux sucreries dites agricoles, dites de M. Kessler [1].

Nous avons maintenant à lire la *note* dont il est question et

1. *Les succès bien assis* de la sucrerie agricole de Brie-Comte-Robert, qui a dû cesser son travail à la suite de ces succès, suffisent pour éclairer l'opinion. Nous avons entre les mains un échantillon du sucre produit dans cet essai de sucrerie agricole, et nous pouvons déclarer, preuves en mains, que nulle part, depuis 1849, sauf, peut-être, dans l'archipel de la Sonde, on n'a fait quelque chose de plus mauvais.

qui est relative à des *notions nouvelles concernant l'action des acides sur les jus sucrés* et sur *le parti qui en a été tiré* en sucrerie.

Nous ferons remarquer cependant, avant tout, que, comme il ne s'agit de *rien qui ait été fait*, mais de quelque chose que l'auteur regarde comme *faisable*, la phrase est malheureuse, lorsqu'elle parle du parti qui *a été tiré* de ces notions nouvelles. Il fallait attendre le *fait réel*...

Nous soulignons les passages intéressants de ce factum remarquable :

« On connaît l'action déféquante de l'acide sulfurique sur le jus de la betterave.

« Quand on ajoute à du jus de betterave d'une densité ordinaire de l'acide sulfurique à 66°, il se forme un précipité abondant, qui continue à se produire par de nouvelles additions d'acide jusqu'à ce qu'on ait atteint la quantité de 2 millièmes 1/2 en poids.

« La plupart des acides produisent le même effet à des doses variables, mais la séparation du dépôt est d'autant moins nette que leur énergie est plus faible.

« Par l'application de la chaleur, ces dépôts montent à la surface du jus et il est facile de les séparer sous forme d'écume. C'est ce que l'on a essayé maintes fois de faire, surtout à l'origine de la sucrerie indigène; mais on a dû y renoncer parce que *cette sorte de défécation par les acides n'est pas assez complète*, puis parce que, outre le cal formé par le sulfate de chaux, *elle avait le défaut de rendre le sucre incristallisable.*

« Cependant, à côté de ces faits bien connus, j'en ai remarqué d'autres dont l'ensemble m'a fait penser que l'*on doit en rappeler de ces insuccès*, et que les acides, au contraire, sont appelés à jouer un rôle important dans la fabrication du sucre.

« Aujourd'hui que la troisième campagne des diverses sucreries que j'ai fondées pour l'application de ces faits confirme complétement cette prévision, je crois le moment venu de les faire connaître.

« J'ai remarqué que :

« 1° *Les acides employés à froid et à des doses même bien supérieures à celle nécessaire pour la défécation du jus, n'intervertissent nullement le sucre* qu'il renferme, et *il suffit* par conséquent

de les saturer par une base avant de le chauffer, pour éviter ce genre d'altération.

« 2° Au contraire, les acides arrêtent la fermentation visqueuse et sans doute aussi les évolutions d'autres ferments. Ils agissent comme antiseptiques puissants, et s'opposent ainsi, d'une part, à la production de la substance glaireuse[1], que l'expérience m'a démontré être une des causes les plus graves du mauvais travail en sucrerie; de l'autre, ils empêchent la destruction du sucre par les ferments auxquels il est livré dès que la râpe a déchiré les cellules, destruction plus rapide et plus considérable qu'on ne pense.

« *L'expérience* suivante, facile à répéter, *rend tangible cet effet* antiseptique *des acides : que l'on prenne une partie de sucre de betterave, qu'on l'amorce avec* 5 0/0 *du même jus devenu glaireux spontanément, et qu'on sépare ce liquide par moitié dans deux vases différents.*

« *Que dans l'un on ajoute* 2 1/2 *à* 3 *millièmes de son poids d'acide sulfurique à* 60°. Le lendemain, on remarquera que le jus non acidifié sera devenu *trouble et visqueux ;* tandis que l'autre sera resté *fluide et limpide* au-dessus et autour du dépôt provenant de sa défécation.

Les essais suivants, que j'ai faits il y a deux ans, montrent en même temps que le jus non acidulé subit cette altération visqueuse; sa richesse en sucre cristallisable diminue aussi de plus en plus.

« Les betteraves sur lesquelles ils ont porté proviennent des deux départements de l'Oise et du Pas-de-Calais. Après les avoir râpées, on en a amorcé la pulpe avec environ 5 à 6 0/0 de pulpes semblables devenues visqueuses; puis on l'a aussitôt séparé en autant de portions de 200 grammes qu'il y a eu d'expériences faites. On a eu ainsi :

1. Sans doute la matière glaireuse est une cause de perte de sucre; la présence de cette matière est une cause d'augmentation des mélasses; c'est le résultat d'une *altération de fermentation.* Est-il rationnel d'attribuer aux acides une action sur une matière qui ne se forme presque jamais dans le travail, qui reste dans le jus, quand même, lorsqu'elle est formée? Il n'est plus temps d'arrêter la formation de la matière glaireuse quand le mal est fait, et les acides n'ont rien à faire à cela en sucrerie.

SUBSTANCES introduites dans le jus amorcé.	PERTE par heure en degrés polarimétriques.
Rien, pulpe amorcée. 1er essai	»
Rien pulpe amorcée. 2e essai	0°071
Fl^2H^2O à 18° Baumé $\frac{5}{1000}$	0°016
Fl^2H^2O à 18° Baumé $\frac{3}{1000}$	0°222
SO^3, H^2O à 66° $\frac{8}{1000}$	0°045
$2 Fl^6Si + 6 Fl^2H^2$ à 30° Baumé $\frac{6}{1000}$	0°08
$2 Fl^6Si + 3 Fl^2H^2$ à 30° Baumé $\frac{3}{1000}$	0°095
$2 Fl^6Si + 3 Fl^2Mg^2$ cristallisé $\frac{2,5}{1000}$	0°100
Fl^6Al^2 fait au moment en saturant de Al^2O^3 du commerce $\frac{2,5}{1000}$ de Fl^2H^2 à 18°	0°76 à 0°064
Sulfate d'alumine du commerce $\frac{2,5}{1000}$	0°15
Phosphate acide de chaux $\frac{6}{100}$ à 6° du densimètre	0°96
Phosphate acide de chaux $\frac{3}{100}$ à 6° du densimètre	0°112
Phosphate avec léger excès de SO^3 $\frac{3}{100}$	0°075
Rien, pulpe amorcée, seule	0°12

Nous avons supprimé, dans le tableau original de M. Kessler, l'indication des dates et heures, des degrés du polarimètre, et de la perte absolue, la seule chose qui intéresse nos lecteurs dans ce document étant la notation des expériences faites, mise en regard de la perte proportionnelle accusée par l'expérimentateur.

« Il ressort de ces essais que, contrairement aux idées admises, les *acides, au lieu d'intervertir le sucre à froid dans le jus, le préservent contre l'action destructive des ferments.*

« Les mêmes expériences, répétées à des époques plus avancées de la conservation de la betterave, ont donné des résultats encore plus concluants.

« *Les acides les plus énergiques préservent mieux le sucre que les plus faibles;* mais il convient de faire observer que parmi ces derniers, ceux qui, dans le tableau précédent, ne paraissent avoir exercé aucune action conservatrice, n'en ont pas

moins produit un résultat très-favorable pour le travail du jus, en l'empêchant de devenir visqueux.

« 3° Il est facile d'éviter l'inconvénient du cal par un *choix mieux entendu* des substances acides.

« Les acides fluorhydrique, hydrofluosilicique, l'acide phosphorique et plusieurs de leurs combinaisons acides, comme le fluosilicate de magnésie, que j'ai obtenu cristillisé avec une grande facilité, les fluosilicates d'alumine, de manganèse, les biphosphates de chaux, de magnésie et d'alumine, le phosphate de chaux dissous ou attaqué par l'acide fluorhydrique (acide phosphorique) par l'acide hydrofluosilicique, par l'acide hydrochlorique, par l'acide nitrique, — ne produisent jamais de cal et peuvent être maniés sans danger pour les ouvriers et pour les pulpes.

« 4° La défécation par les acides se complète facilement par la précipitation au sein du jus de certains corps en général plus ou moins basiques, comme la magnésie, les silicates et les aluminates de chaux, la combinaison de l'empois avec cette base, les phosphates insolubles, les fluorures de magnésie, de calcium et d'aluminium, etc., et l'on trouve dans les acides susmentionnés un moyen fort simple de faire apparaître ces dépôts. Il suffit de les saturer avec de la chaux ordinaire ou dolomitique, ou de dissoudre auparavant dans le jus acidulé les corps basiques que l'on veut précipiter.

« On effectue ainsi dans le travail en grand une sorte d'analyse, séparant d'abord *les acides insolubles organiques mis en liberté par ceux que l'on ajoute;* puis les acides solubles en même temps que les composés neutres ou basiques susceptibles de former avec la chaux ou la magnésie des combinaisons peu solubles.

« Un des avantages que l'on y trouve, c'est d'obtenir une défécation des plus complètes au sein d'un jus sans aucun excès de chaux, en sorte qu'on peut immédiatement l'évaporer et le cuire, sans avoir besoin de le saturer ni de le passer sur du noir.

« On trouve donc dans les acides des antiseptiques puissants, qui possèdent sur la chaux le grand avantage de pouvoir être ajoutés à la pulpe *sans danger pour les animaux,* préservent le sucre contre toute fermentation aussitôt la betterave râpée, et permettent d'en retirer, en une seule opération au lieu de

deux, un jus tout déféqué, lequel, par une deuxième opération, qui correspond à la saturation par l'acide carbonique (mais bien plus simple et plus régulière puisqu'elle consiste dans l'addition d'un *simple lait de chaux*), donne de suite un jus suffisamment pur pour abandonner tout autant de sucre à la cristallisation que s'il avait passé sur des masses de noir.

« La campagne actuelle étant la troisième pendant laquelle l'emploi des acides a été effectué sur une grande échelle, la seconde que diverses usines montées par moi pour l'application de ce procédé parcourent régulièrement, et le *succès* de leurs opérations, l'*économie* et la *sûreté* de leur travail *ayant justifié nos convictions* et les données théoriques qui les ont fait naître, je viens appeler l'attention de l'Académie sur cette méthode, pendant qu'on peut la voir employée. »

S'il ne s'agissait de la fabrication sucrière, si l'idée de la sucrerie agricole n'avait pas été mise en avant, nous ne prendrions pas le souci de relever des allégations de ce genre. Mais comme il est question d'un intérêt sérieux et que plusieurs personnes nous ont entretenu de *la méthode de sucrerie par l'emploi des acides*, nous ne pouvons, en attendant que l'étude des idées de M. Kessler trouve sa véritable place, laisser passer sans une réponse sommaire des affirmations qui cherchent à donner un démenti à l'expérimentation de tout ce que la science compte d'hommes intelligents et habiles.

On lit dans les *Éléments de chimie* d'Orfila : « Lorsqu'une dissolution de *sucre cristallisable est mise en contact avec une petite quantité d'un acide affaibli quelconque*, à la température de l'ébullition, *ce sucre est immédiatement transformé en sucre de fruits...*, plusieurs acides minéraux produisent ce phénomène, *même à froid...* »

M. A. Payen déclare que « l'emploi de l'*acide sulfurique qui transforme le sucre cristallisable en glucose...* est plus nuisible que la chaux elle-même. »

M. Regnault, dont le nom est une garantie de science et de vérité pour tout le monde, parlant de la transformation du sucre prismatique en sucre incristallisable par la dissolution *même très-étendue* des acides minéraux, dit que « *la transformation a lieu à froid avec les acides minéraux, et plus rapidement si on élève la température.* »

« Les acides changent *rapidement* le sucre de canne en glu-

cose, et forment ensuite de l'ulmine, de l'acide ulmique et de l'acide formique, » selon M. Malaguti.

Nous pourrions citer l'opinion, appuyée sur les faits, de tous les chimistes de notre temps; nous pourrions apporter, à l'appui des données de la science de laboratoire, des expériences de vérification faites par nous sur un nombre très-considérable de dosages, par des acides différents; nous préférons renvoyer ces détails à plus tard et compléter cette courte réplique par le passage suivant d'un écrivain allemand dont l'ouvrage sur les sucres jouit d'une estime méritée. Walkhoff reconnaît que le sucre cristallisable, traité par les acides, est interverti *plus rapidement à chaud qu'à froid* et que, d'autre part, la promptitude de l'action dépend, en outre, de la proportion de l'acide. C'est ce que tout le monde admet, et l'on reconnaît que les acides intervertissent le sucre, ***même à froid*, *plus rapidement à chaud***, et d'autant plus promptement dans les deux conditions, qu'il y a plus d'acide en présence.

« *Que l'on mêle*, dit M. Walkhoff, ***une dissolution de sucre de canne avec un acide quelconque; le sucre perd sa faculté de cristalliser et il se change en sucre incristallisable de fruits***[1]... » Cette proposition générale nous semble conçue en des termes assez précis pour que les plus crédules hésitent à se confier aux hardiesses de M. Kessler.

D'autre part, en outre de ceci que l'auteur de la ***note*** a vu autrement que tous ceux qui ont vu, qu'il nie l'inversion quand tout le monde l'affirme, nous devons ajouter que l'expérimentation rapportée ne prouve rien. Pour que cette expérience pût avoir une valeur quelconque, il eût fallu savoir : 1° la quantité de l'ammoniaque mis en liberté dans les 5 à 6 0/0 de matière visqueuse; 2° la proportion des matières susceptibles de neutraliser la petite portion de l'acide sulfurique employé sur 200 grammes $(= 0{,}003 = \frac{200}{1000} \times 3 = 0$ gr. 6 décigrammes).

Or, six décigrammes d'acide sulfurique, mis dans 200 grammes de liquide, tenant au moins 2 grammes d'alcalis susceptibles de mise en liberté, ne peuvent neutraliser que 0 gr. 577 de potasse par la décomposition des sels à acides organiques,

1. Wersetzt man eine Rohrzuckerlösung mit *irgend einer Säure*, so verliert der Zucker seine Krystallisationsfähigkeit, indem er sich in unkrystallisirbaren Fruchtzucker umwandelt (*Op. cit.*, p. 402).

et il n'y a pas lieu de tirer de conséquences favorables à la thèse de l'auteur d'une expérimentation aussi peu précise, et qui ne peut rien démontrer de ce qu'elle tend à prouver. »

Tous les hommes d'observation et de bon sens admettent donc que l'action des acides minéraux intervertit le sucre prismatique, même à froid ; que la rapidité et l'intensité de l'action sont en raison directe de la température et de la proportion de l'acide employé. On a observé que l'acide carbonique, l'acide tannique, l'acide acétique n'ont pas d'action sensible sur le sucre et qu'il peut en être de même de quelques acides organiques non expérimentés, mais qu'il n'y a pas d'exceptions parmi les acides minéraux, que tous ces derniers changent le sucre en glucose, à toute température, et qu'il n'y a dans l'action qu'une différence de temps.

Action des sels minéraux. — Les sels minéraux dont nous voulons parler ici sont : les *sulfates* de *potasse*, de *soude*, de *chaux*, de *magnésie*, *d'ammoniaque*, d'*alumine* et de *fer*, les *chlorures alcalins*, le *chlorhydrate d'ammoniaque*, les *phosphates*, les *nitrates* et les *silicates solubles*, les autres sels devant être l'objet des observations nécessaires dans les chapitres suivants, à mesure que le travail industriel ou les méthodes étudiées les mettront sous nos yeux.

Sulfates. — Nous avons émis plusieurs fois cette opinion que le *sulfate de potasse* est nuisible au sucre, en ce sens que, dans le travail de la cristallisation, les cristaux de ce sulfate se déposent avec le sucre en s'y mélangeant, ce qui donne de l'impureté au produit. Nous ne pensons pas qu'il y ait d'autres inconvénients à redouter ce sel, car nous ne voyons aucune circonstance dans laquelle il puisse être décomposé, sauf dans le cas très-hypothétique de l'emploi du phosphate d'ammoniaque en excès. Il pourrait se produire alors du sulfate d'ammoniaque et un phosphate alcalin; mais, comme cette décomposition n'est pas forcée et qu'elle n'aurait lieu que dans des conditions assez difficiles à rencontrer, nous n'attribuons à ce sel d'autre influence sur les solutions sucrées que celle résultant de sa cristallisation avec le produit. On peut le rencontrer dans les jus à la suite de plusieurs réactions, telles que l'introduction de l'alun, l'emploi du sulfate de magnésie lorsqu'il

existe du chlorure de potassium dans les jus, celui du sulfate d'alumine dans la même circonstance, etc. Il peut exister naturellement dans les jus.

Le *sulfate de soude*, fixe, et à peu près aussi rebelle à la décomposition que le sulfate de potasse, ne nous paraît présenter, comme le sel précédent, aucune influence pernicieuse sur le sucre, sinon le fait que nous avons signalé de rester dans les produits et d'en diminuer la pureté. Le sulfate de soude ne se rencontre que très-rarement dans les plantes saccharines; mais comme elles peuvent contenir du chlorure de sodium, il faut se rappeler que la plupart des sulfates solubles, *même ceux qu'on ne soupçonne pas*, ont la propriété de former du sulfate de soude aux dépens de ce chlorure en passant eux-mêmes à l'état de chlorures [1].

Le *sulfate de chaux* ou *gypse* n'a pas d'action sur le sucre. D'autre part, comme la solubilité de ce sel est à peu près la même à chaud qu'à froid, et qu'elle est très-faible puisque 1,000 parties d'eau n'en dissolvent que 2,50 à 0° et 2,17 à + 100°, comme, d'ailleurs, il devient à peu près insoluble dans les liqueurs concentrées à 26°-27° B. ou 1133 de densité, il semble qu'il soit très-facile de se débarrasser de ce corps et qu'il ne doit pas en rester dans les produits.

Il faut cependant tenir compte de quelques réactions qui peuvent en faire dissoudre une plus grande proportion. Il est près de trois fois plus soluble dans la dissolution saturée de sel marin que dans l'eau pure, et il présente une tendance assez remarquable à former des sels doubles, dont plusieurs sont assez solubles pour suivre le sucre jusqu'à la cristallisation. Parmi ces composés, nous citerons seulement le sulfate double de chaux et de soude, qui est décomposable par les carbonates alcalins, ce qui conduit à la nécessité d'une *carbonatation* très-complète, au moins dans le cas où l'on pourrait en redouter la présence.

1. Une des réactions les plus curieuses en ce genre, et qui n'a pas été indiquée jusqu'à présent par les chimistes, est celle que nous avons obtenue, *à froid*, entre le *sulfate d'alumine* et le *chlorure de sodium*. Ces deux sels, tous les deux très-solubles, échappant, en apparence, aux lois de la double décomposition, ont été mis en dissolution dans l'eau, en proportions équivalentes, $Al^2O^3, 3SO^3, 18HO + 3NaCl$... Après quelque temps, il s'était formé une cristallisation abondante et très-régulière de sulfate de soude, et la liqueur renfermait du chlorure d'aluminium hydraté. Cet effet est très-rapide à chaud.

Le *sulfate de magnésie* ne semble pas devoir exister dans les plantes à sucre. Il peut cependant se trouver dans les liquides sucrés, par suite de manipulations plus ou moins rationnelles. Nous ne voyons pas un danger énorme dans la présence de ce sel, puisque la chaux en précipiterait entièrement la base, que, d'ailleurs, elle serait éliminée par les carbonates, en supposant, toutefois, que le jus ne renfermât pas de sulfates à oxydes insolubles. En effet, la magnésie, ou le carbonate de cette base, dans plusieurs circonstances où la base n'agirait pas, offre la propriété de s'emparer de l'acide sulfurique de ces sulfates et d'en précipiter la base, en sorte que les sulfates de chaux, de fer, de cuivre, d'alumine, etc., sont décomposés et précipités à l'état d'oxydes ou de carbonates, et il se forme du sulfate de magnésie qui reste dans la liqueur. Le sulfate de chaux n'est décomposé que par le carbonate de magnésie... Si donc, comme on l'a conseillé dans un procédé puéril que nous aurons peut-être à examiner, on ajoute du sulfate de magnésie au jus dans le but de précipiter la chaux à l'état de sulfate, on commet une erreur capitale au point de vue chimique.

La chaux se précipite à la vérité, mais tous les autres sulfates qui peuvent se trouver dans la liqueur reforment du sulfate de magnésie avec une partie de la magnésie précipitée, et cette faible quantité de ce sel suffit pour donner au moins de l'amertume aux produits. Le sulfate de magnésie ne serait séparable que par un nouveau chaulage ou par l'action des carbonates alcalins.

Le *sulfate d'ammoniaque* se décompose, au moins partiellement, même dans les jus *neutres*, pendant la concentration, à mesure que la proportion du sucre s'élève et que la température s'exalte davantage.

Il ne peut exister dans les jus qui contiennent un excès de chaux, ou d'alcalis libres ou carbonatés; mais si l'on employait un excès de ce sel pour un but quelconque de purification ou d'élimination, la décomposition qu'il subit dans la suite du travail suffit pour faire noircir les produits.

Le *sulfate d'alumine*, introduit dans un liquide renfermant des bases alcalines ou alcalino-terreuses, se décompose, et il se forme des sulfates des bases et de l'alumine libre, qui agit avec une très-grande énergie comme décolorant. Voilà le motif de l'emploi de ce sel, comme, d'ailleurs, de tous les sels d'alumine

décomposables par les réactions des jus. Nous devons, cependant, ne pas perdre de vue la lenteur de la précipitation et le volume du dépôt aluminique et, encore, il convient de se reporter à ce qui vient d'être dit sur l'action des sulfates qui sont des produits de la réaction. Il est clair que, en dehors de la formation de sulfates tout à fait insolubles, l'emploi du sulfate d'alumine détermine la production de sulfates qui peuvent rester dans les jus et accompagner les produits de la fabrication. On n'a pas perdu de vue non plus la réaction qui se produit entre les sulfates solubles et les chlorures alcalins; cette réaction a été vérifiée par nous, principalement sur les sesquisulfates solubles et, en particulier, sur le sulfate d'alumine. Il se produit, avons-nous dit, même à froid, un échange des bases, et se forme un sulfate alcalin et du chlorure d'aluminium hydraté. Or, ce chlorure émet des vapeurs d'acide chlorhydrique dans la concentration et il se décompose en alumine et en acide. N'y a-t-il pas, dans ce fait, un danger très-sérieux d'inversion pour le sucre, et ne doit-on pas éviter d'introduire du sulfate d'alumine dans les liqueurs qui peuvent contenir des chlorures alcalins? Dans tous les cas, pour éviter l'inconvénient qui résulterait de ce fait, il convient de ne jamais neutraliser entièrement, par le sulfate d'alumine, les liqueurs que l'on veut traiter par ce sel, et nous préférerions nous servir d'alumine hydratée dans un but de décoloration, plutôt que de nous fier à une réaction dangereuse.

Le *sulfate de fer* a été conseillé par plusieurs, et le peroxyde gélatineux de fer a été employé par M. Rousseau avec un insuccès remarquable, pour précipiter la chaux, dans la circonstance que nous allons dire. Nous avions breveté, dans ce but, l'emploi des sels à oxydes gélatineux et, afin de faire tomber dans le domaine public les prétentions de certains inventeurs de vieilleries impossibles, nous étions dans l'intention de délaisser ce brevet, dès la première annuité, ce qui fut, d'ailleurs, exécuté. Mais la première année avait suffi pour que des *inventions*, dépendant du principe dont nous avions breveté l'application, se fissent jour en sucrerie. Celle de M. Rousseau fut celle qui fit le plus de bruit et, s'il faut l'avouer, nous nous étions attendu à cela.

Littéralement, cet inventeur ne prenait pas un sel à oxyde gélatineux, mais l'oxyde même provenant d'un de ces sels, et il

y avait une certaine habileté à tourner ainsi la difficulté. A la rigueur, on eût pu élever une revendication en raison du principe de l'application; il nous sembla cependant qu'il valait mieux laisser faire et attendre un résultat prévu...

Or, le sulfate de fer, ajouté dans les liqueurs sucrées qui renferment des bases et de la chaux, en particulier, forme un sulfate des bases en présence, et il se précipite de l'oxyde de fer, qui agit comme décolorant, pourvu qu'il n'y ait pas de tannin en présence. Ce dernier résultat est encore exact lorsque l'on mélange aux liquides sucrés de l'oxyde de fer récemment précipité.

Ce côté de la question n'est pas mis en doute, mais il se rencontre dans l'introduction directe ou indirecte de l'oxyde de fer une série d'inconvénients qui étaient lettre close pour l'*inventeur*. Nous les résumons en quelques mots : 1° L'emploi du sulfate de fer donne lieu à la production de sulfates divers, dont on connaît les résultats; 2° celui de l'oxyde de fer, ajouté directement ou produit par la décomposition du sulfate, fournit un magma volumineux, très-lent à se déposer, dont le liquide ne peut être isolé qu'avec des difficultés extrêmes; 3° enfin, l'oxyde de fer se combine au sucre dans les liqueurs neutres, et l'action de l'acide carbonique est impuissante à décomposer entièrement le sucrate formé.

Ceci est tellement vrai, que, dans les jus traités par l'oxyde de fer, on peut constater la présence du fer par la réaction du tannin, par celle des cyanures et par la saveur styptique des produits, même après avoir fait passer jusqu'à refus un courant d'acide carbonique pur. Il n'y aurait guère que l'action des carbonates alcalins ou de l'ammoniaque qui pourrait éliminer à peu près totalement l'oxyde de ce métal dans les dissolutions sucrées. Du reste, la réaction du manganèse sur les jus sucrés est très-analogue à celle du fer.

Le nouveau procédé, *dit* de M. Rousseau, devait donc échouer; mais on doit convenir que cet échec ne pouvait causer un grand dommage à la sucrerie.

Les *sufates doubles*, comme les *aluns*, par exemple, n'ont pas à être l'objet d'un examen particulier, après ce que nous venons de faire observer sur les principaux sulfates simples. Leur action sur le sucre et sur les jus sucrés se déduit facilement de celle de leurs éléments.

Chlorures solubles. — Nous ne voulons envisager l'action des chlorures que sous des rapports généraux, et nous ne nous occuperons que des ***chlorures de potassium***, de ***sodium***, de ***calcium*** et du ***chlorhydrate d'ammoniaque***, que l'on peut rencontrer dans les jus, soit parce qu'ils y existent naturellement, soit parce qu'ils y ont été produits ou ajoutés dans le traitement,

On nous permettra de ne pas prendre au sérieux le conseil de Michaëlis, lequel fait introduire dans les jus du chlorure de calcium (*chlorcalcium*), pour changer les alcalis en chlorures alcalins. Bien que plusieurs fabricants allemands aient adopté cette pratique, les considérations qui suivent démontreront qu'une telle mesure ne peut avoir que des effets désastreux, et que le prétendu remède est plus à craindre que le mal lui-même. C'est là une de ces idées allemandes qu'il faut bien se garder d'adopter. Nous n'hésiterions certes pas à conseiller les pratiques allemandes qui présenteraient un véritable caractère d'utilité, mais ce n'est pas celle-ci qui peut mériter une application industrielle.

Le *chlorure de potassium* KCl se trouve dans la plupart des végétaux, et il est très-soluble dans l'eau : 100 parties de ce liquide à 0° en dissolvent 19p2, et 100 parties d'eau bouillante en dissolvent 59p3. Ce sel ne détruit pas le sucre ; mais, comme il se combine avec lui sous la forme de bisucrate

$$KCl.2(C^{12}H^{11}O^{11}),$$

et que cette combinaison est déliquescente, on trouve que la présence du chlorure de potassium entraîne dans le résidu-mélasse une quantité considérable de sucre, qui est totalement perdue pour le fabricant. On a, en effet :

$$KCl = \left\{ \begin{matrix} K & 490 \\ Cl & 443.2 \end{matrix} \right\} = 933{,}20, \text{ équivalent du chlorure de potassium.}$$

Le sucre, ayant pour équivalent 2137,5, et le chlorure de potassium en entraînant deux équivalents, les 933,2 de chlorure engagent $2137{,}5 \times 2 = 4275$, ce qui donne $\frac{933{,}2 \times 1}{4275} = 4{,}582$ pour le chiffre de sucre immobilisé par l'*unité* de chlorure de potassium.

De même, le *chlorure de sodium*, ou sel marin, n'a pas d'action nuisible sur le sucre ; mais, comme nous l'avons vu dans

notre étude sommaire sur les sucrates (t. I, p. 51), le sucrate de chlorure de sodium est formé de 2 équivalents de sucre pour 1 équivalent de sel, et il contient 85,408 de sucre pour 100. Il en résulte que 1 de sel entraîne 5,852 de sucre.

On ne perdra pas de vue ce fait que ces deux sels peuvent exister en proportions très-notables dans les jus et qu'il peut se faire que leur présence rende impossible l'extraction du sucre par les procédés usuels. Pourquoi donc en augmenter à plaisir la proportion? Nous savons, aussi bien que Michaëlis et les Allemands, que le *chlorure de calcium* ne détruit pas de sucre, mais il n'est pas démontré qu'il ne s'y combine pas. D'ailleurs, l'équivalent de chlorure de calcium Ca Cl (= 693,20), introduit dans un jus sucré, forme un équivalent de chlorure alcalin et, dès lors, il y a du sucre immobilisé dans les proportions que nous venons d'indiquer.

En fait, l'*unité de chlore*, sous forme de chlorures alcalins préexistants dans les jus, ou produits par l'addition de chlorure de calcium, entraîne dans les mélasses et immobilise 9,6457 de sucre prismatique, sans que l'on ait à sa disposition un seul moyen pratique de s'opposer à cette perte. La seule réponse à faire à Michaëlis et aux Allemands qui suivent ses idées, c'est que le fabricant de sucre n'a pas pour but de fabriquer le maximum de mélasse...

Le *chlorhydrate d'ammoniaque* AzH^3, HCl (= 668,2) se trouve dans les mêmes conditions, et l'*unité* de ce corps, libre dans la liqueur sucrée, entraîne 6,39479 de sucre.

Il nous semble que ces données sont suffisantes pour établir nettement l'influence des chlorures dont nous venons de parler. Walkhoff reconnaît également que le sel marin empêche la cristallisation d'une quantité proportionnelle de sucre, et il ajoute que le fabricant est entièrement impuissant contre cette substance [1].

A l'égard de la méthode conseillée par Michaëlis, tout en admettant que les chlorures alcalins ne décomposent pas le sucre, il déclare que ces sels en empêchent la cristallisation dans une proportion qui est loin d'être *insignifiante* (*in nicht unbedeutendem Grade*).

1. Der Zuckerfabricant ist daher diesem Stoffe gegenüber ohnmächtig. (*Op. cit.*, p. 406.)

Phosphates solubles. — De tous les sels métalliques, les phosphates sont ceux qui offrent le plus d'intérêt réel pour la fabrication sucrière, en ce sens que leur présence ne nuit en rien à la cristallisation du sucre, qu'ils la favorisent, au contraire, et qu'ils sont complétement inoffensifs sur le principe sucré. Leur emploi est donc très-rationnel en sucrerie, et la neutralisation de la chaux et des bases par l'acide phosphorique constitue le moyen le plus certain d'annihiler les mauvais effets des alcalis et de la chaux sur le sucre.

Il est évident que, si l'on veut traiter une liqueur sucrée renfermant de la chaux et des alcalis par les phosphates alcalins, on éliminera la chaux seulement, laquelle passera à l'état de phosphate de chaux insoluble ; mais, dans ce cas, la base du phosphate employé restera à l'état libre dans les liquides et elle augmentera d'autant la proportion des alcalis qui s'y trouvent déjà. Ce n'est donc pas au phosphate de potasse ou au phosphate de soude qu'il convient d'avoir recours pour atteindre le but.

L'*acide phasphorique*, le *phosphate d'ammoniaque*, le *biphosphate de chaux*, *superphosphate* ou *phosphate acide de chaux*, sont les seuls agents utilisables pour rendre les bases inoffensives pour le sucre et éliminer la chaux, tout à la fois, dans le traitement des jus sucrés, et ce, dans les conditions qui dépendent des réactions auxquelles ils donnent lieu.

L'*acide phosphorique*, introduit dans un jus alcalin, précipite la chaux et transforme les bases en phosphates solubles qui n'ont pas d'action sur le sucre et qui ne compromettent en rien la cristallisation. Voilà le fait capital, qui est également applicable au phosphate d'ammoniaque et au biphosphate de chaux. Mais il convient de se rappeler que, les phosphates insolubles redevenant solubles dans un excès d'acide phosphorique ou de biphosphate, le dosage de ces corps doit être limité avec soin, ou que l'on doit avoir recours à une méthode certaine pour éviter la présence d'un excès qui réagirait sur le sucre, surtout à chaud, et principalement dans le cas de l'acide phosphorique. Nous aurons plus tard à réglementer l'emploi de ces corps, et il nous suffit, quant à présent, d'avoir constaté l'innocuité des phosphates solubles sur la matière sucrée.

Un des effets les plus remarquables que l'on ait à observer après l'action de l'acide phosphorique ou du superphosphate

consiste dans la saveur parfaite et l'odeur agréable des produits de la betterave, qui ont perdu toute trace de leur odeur spéciale. Ce fait est constant, bien que nous n'en ayons pas encore trouvé d'explication plausible, à moins, toutefois, qu'on n'attribue la mauvaise odeur et le goût des sirops de betterave à la présence des bases libres, dont l'action peut transformer les huiles essentielles de la plante en savonules à odeur fétide...

Quoi qu'il en soit, la transformation des bases en phosphates alcalins étant, à nos yeux, un progrès très-réel, nous sommes heureux de voir exposée, dans l'ouvrage de Walkhoff, une opinion de tout point conforme à la nôtre et basée de même sur des expériences suivies.

Nous traduisons le passage remarquable dans lequel l'auteur allemand parle de cette question,

Après avoir constaté que, à la cuite, l'*acide phosphorique* détruit à peine 5 millièmes de sucre, et que la nuance reste plus claire (*heller*) qu'avec *toutes* les autres combinaisons de la potasse, et que la saveur du produit reste beaucoup plus agréable, il ajoute :

« Pour les fabricants de sucre de betterave, praticiens, il me semble, en conséquence, que le changement des alcalis en phosphates alcalins est le moyen le plus profitable d'obvier à leur influence funeste. A la vérité, l'acide phosphorique présente la propriété de se combiner avec la chaux plutôt qu'avec les bases, et l'on est dans l'alternative d'avoir à concentrer des jus libres de chaux, ou ne contenant pas de phosphates alcalins; c'est là une grande difficulté pratique, qui a presque fait tomber cette méthode en discrédit dans quelques fabriques, à la suite d'essais prématurés et à cause de la formation des moisissures sur les seconds produits. Mais ces difficultés ne me paraissent nullement insurmontables, et mon opinion est que l'application des phosphates alcalins à la sucrerie est digne d'une étude très-attentive de la part des fabricants.

« Je dois dire, en outre, qu'une masse sucrée qui était restée pendant un an, sans cristalliser, en présence de la potasse caustique (*Aetzkali*), à froid, recouvra la faculté de cristalliser par la neutralisation à l'aide de l'acide phosphorique (*op. cit.*, p. 112). »

Nous ne ferons aucun commentaire sur cette manière de voir,

qui est conforme à l'observation, et nous verrons plus loin que les moisissures dont il est question et qui ont effrayé quelques fabricants inexpérimentés, ne sont pas et ne peuvent pas être produites par une action quelconque des phosphates alcalins.

Nitrates solubles. — Bien que ces sels ne puissent présenter une action destructive sur le sucre, il n'est pas moins exact de dire qu'ils sont très-nuisibles à la cristallisation du sucre et que cette influence nous a semblé être en rapport avec la solubilité des nitrates.

On manque, à cet égard, de chiffres précis qui indiquent la proportion du sucre immobilisé par la présence des nitrates.

Silicates solubles. — On a fait bruit, à une certaine époque, de l'emploi des silicates solubles de soude et de potasse pour précipiter la chaux des jus, et l'on prétendait que les Allemands se servaient avantageusement de ces sels en sucrerie. Nous n'en dirons qu'un mot, uniquement pour faire remarquer l'incohérence d'idées de cette race moutonnière, pour laquelle les inventions les plus absurdes sont dignes d'éloges, pourvu qu'elles viennent de loin. Nous avons entendu porter aux nues le *kali-wasser-glas*[1] et le *natron-wasser-glas* par des gens auxquels il aurait été bien difficile de dire en quoi consistent ces deux produits, et nous avons été moins surpris de cet enthousiasme irréfléchi que de la hardiesse de ceux qui en proposaient l'emploi. Les silicates solubles, alcalins, précipitent la chaux, il est vrai, mais ils introduisent dans les jus une quantité de potasse ou de soude correspondante, en sorte que leur emploi dans les jus se traduit par l'augmentation du chiffre des alcalis libres, dont on connaît l'influence désastreuse.

VIII. — INFLUENCE DES MATIÈRES EXTRACTIVES.

Nous ne pouvons laisser complétement sous silence les matières indéterminées dans leur nature et leur composition, auxquelles on a donné le nom de *substances extractives*.

Cette dénomination, analysée par le simple bon sens, devrait s'appliquer, en général, à toutes les substances que l'on peut

1. Liqueur de cailloux, silicate de potasse et silicate de soude...

extraire d'une matière organique, à l'aide d'un dissolvant quelconque. Il en résulterait que l'on devrait comprendre sous le nom d'*extractif* toute la masse de ce qui est soluble dans un menstrue donné. Restreignant cette signification, on ne comprendrait pas dans l'extractif les matières solubles, séparables par concentration et cristallisation.

Autrefois, dans l'ancienne pharmacie et l'ancienne chimie, on appelait extractives des matières solubles, d'origine organique, présentant la propriété de s'épaissir pendant l'évaporation. A ce point de vue, les matières azotées solubles, les principes pectiques, les gommes, etc., seraient des principes extractifs. On pourrait ranger bien des choses dans ce groupement de fantaisie. Aujourd'hui, on appelle *extractives* toutes les substances *dont on ne connaît pas la nature*, et qui sont modifiées par l'air, la chaleur, les réactifs, etc. Celles de ces matières qui se déposent, sous la forme d'un *précipité* brunâtre, dans les dissolutions soumises à la chaleur, forment ce que Berzélius a nommé un *apothème*, c'est-à-dire un dépôt [1] !

Nous avouerons franchement au lecteur que pas un de ceux qui emploient ces mots ne sait ce qu'il veut dire lorsqu'il s'en sert, et que l'on embarrasserait fort beaucoup de gens, en leur demandant sérieusement quelles sont les substances qui font partie de l'extractif ou de l'apothème.

La science allemande aime ces expressions incomprises, et les auteurs germaniques parlent des *matières extractives*, des *principes extractifs*, avec une assurance qui confond l'observation. Le fait est que ces matières sont à peu près inconnues quant à leurs propriétés. On sait seulement que certaines de ces substances indéterminées présentent une grande avidité pour l'oxygène, que plusieurs se colorent en brun, ou en brun rougeâtre, ou en noir, par l'action de l'air, que d'autres passent à l'état insoluble par l'ébullition, mais que le plus grand nombre reste en dissolution.

On prétend que la matière qui se colore en brun noirâtre au contact de l'air est précipitable par la chaux et que le noir peut

1. On doit convenir que c'est créer un mot pour le plaisir de le faire. *Dépôt* remplacerait fort bien *apothème*, puisqu'il signifie rigoureusement la même chose. Apothème vient du grec ἀποτίθεσθαι (ἀπὸ, de ; τίθεσθαι, poser), et nous préférerions les expressions françaises : *dépôt* ou *précipité*. Il est vrai qu'elles seraient compréhensibles.

l'absorber; cela est possible, mais rien ne le démontre; rien ne prouve qu'il y ait, dans 100 kilogrammes de matière saccharifère, 1 gramme, 10 grammes, ou 1 hectogramme de cette substance, puisqu'elle n'a jamais été isolée et qu'on n'en cônnaît pas la proportion. Nous dirons, cependant, qu'elle nous a paru être soluble dans les alcalis, ce qui serait une raison de plus en faveur de la neutralité des jus.

Quant à ceux de ces principes qui deviennent insolubles, il est évident qu'ils peuvent être séparés par une filtration, exécutée au moment opportun; mais, sur ceux-là encore, on ne sait rien de positif. On a prétendu qu'il se dégage de l'ammoniaque lorsqu'on leur fait subir l'action de la chaleur en présence des alcalis : cette allégation suffit pour que l'on soit en droit de soupçonner une erreur et d'attribuer à la légumine, *azotée*, ce qu'on a dit des matières extractives qui présenteraient ce caractère.

Parmi les matières indéterminées dont il s'agit, les *substances colorantes* jouent un rôle assez important; mais, comme la plupart de ces matières sont éliminables, que la quantité pondérable en est presque infinitésimale, au moins pour celles qui préexistent dans les plantes, qu'elles n'ont aucune action caractérisée sur le sucre, nous ne croyons pas qu'il y ait lieu de s'y arrêter. Ce serait d'autant plus inutile que le seul point intéressant de leur étude consiste dans leur destruction, et que nous aurons à nous en occuper lorsque nous traiterons de la décoloration des jus sucrés.

En somme, ce groupe de matières ne présente que peu ou point d'action sur le sucre et il serait parfaitement illusoire de leur accorder une importance exagérée. La recherche des faits chimiques relatifs aux substances extractives est encore trop incomplète pour qu'on puisse en déduire des conséquences rationnelles, et il convient d'attendre que les analystes en aient fait une étude plus approfondie.

IX. — INFLUENCE DES CORPS IMPONDÉRABLES SUR LES MATIÈRES SACCHARIFÈRES.

Nous venons d'étudier l'influence que peuvent exercer sur le sucre et les dissolutions sucrées la plupart des substances, étrangères au principe saccharin, que l'on rencontre dans les

jus, ou que l'on y ajoute le plus souvent; mais il nous reste encore à examiner les altérations que les matières saccharifères ou les jus sucrés peuvent éprouver sous l'influence d'autres agents qui ne sembleraient pas, au premier abord, devoir être pris en considération : nous voulons parler des altérations produites par l'*air*, la *chaleur* et la *lumière*, altérations qui, pour être moins violentes que celles qui dépendent de l'action des agents chimiques, n'en sont pas moins très-réelles, et qui peuvent causer parfois un préjudice très-notable.

L'action de l'*air sec* sur le sucre est à peu près nulle. Celle de l'*air humide* est beaucoup moins inoffensive; car le sucre en petits cristaux absorbe très-facilement l'humidité, et il est exposé, par cela même, à éprouver les altérations dues à l'influence de l'eau. Cette proposition ne sera l'objet d'aucune récrimination de la part des personnes qui ont constaté la manière dont le sucre cristallisé se comporte dans un endroit saturé d'humidité; mais, comme nous avons plutôt à rechercher quelle est l'influence de l'air sur les jus sucrés et les matières saccharifères, nous aurons à nous occuper ultérieurement des altérations du sucre extrait de ces matières, et nous nous bornons actuellement à ce qui concerne l'action de l'air sur les plantes saccharifères et les dissolutions du sucre.

Pendant que les plantes sucrières sont vivantes et attachées au sol, si elles n'ont pas été lésées et que l'air ne puisse y pénétrer que par l'absorption physiologique, on peut dire que ce fluide est sans aucune influence nuisible sur leurs tissus et sur les sucs qui y sont renfermés. Aussitôt qu'elles présentent une lésion, une blessure quelconque, par laquelle elles sont mises en contact direct avec l'air atmosphérique, la situation change complétement et il se produit aussitôt la série des faits qui constituent l'acte de la fermentation sous l'une de ses formes caractéristiques. Les globules azotés, mis à nu, rencontrant de l'eau et des matières fermentescibles, du glucose surtout, produit par l'action de l'air sur le sucre prismatique, déterminent l'altération des tissus et des principes organiques tout autour du point lésé; la décomposition s'étend souvent de proche en proche, jusqu'à produire la mort de la plante, exactement comme les accidents gangréneux peuvent la produire chez l'animal.

Quelquefois aussi l'altération se limite à une distance plus

rapprochée de son foyer, et les parties atteintes s'éliminent plus ou moins complétement pendant que de nouveaux tissus s'organisent et que des enveloppes nouvelles prennent la place de la portion détruite. Dans le cas de mort surtout, dans le cas d'altération momentanée, il se produit une modification profonde des principes de l'organisme, mais ce sont toujours les substances les plus altérables, comme le sucre, qui sont modifiées les premières. La transformation du sucre en glucose est toujours le premier effet de l'action de l'air extérieur, en présence du ferment mis à nu, et les altérations secondaires que l'on observe ensuite n'en sont que la conséquence forcée.

L'action de l'air sur les jus, isolés des parties végétales qui les renferment, est encore plus accentuée, pour peu que la température favorise les réactions. L'influence du ferment, qui était bornée aux points voisins d'une lésion dans la plante même, et qui ne pouvait réagir qu'avec une certaine lenteur relative sur les sucs des cellules, à mesure qu'ils devenaient libres par un effet d'*exosmose*, n'a plus rien ici qui la limite, et il suffit souvent d'un temps très-court pour opérer la transformation du sucre en glucose, puis, ensuite, une altération plus radicale encore, par le dédoublement du glucose en alcool et acide carbonique, ou par la production d'une dégénérescence.

Ce genre d'altération n'est attribuable qu'en partie à l'air atmosphérique, et le ferment, sans aucun doute, y joue le rôle principal, le plus actif, surtout quand il est dans cet état spécial d'activité que nous avons signalé sous le nom d'état globulaire; mais il n'en est pas moins vrai que, sans l'influence de l'air, les faits de la fermentation n'auraient pas lieu, en sorte que le séjour à l'air des liquides sucrés doit être regardé comme une des causes les plus puissantes de leur altération, pendant tout le temps qu'ils ne sont pas soumis à des réactions conservatrices, dont l'effet doit être de détruire le ferment et d'éliminer les matières qui lui servent de nutriment. Si le ferment peut détruire 50 fois son poids de sucre, le chiffre de la perte peut s'élever beaucoup plus encore dans le cas où ce ferment peut se reproduire, grâce aux matières nutrimentaires dissoutes dans les liqueurs sous une forme assimilable, et elle est, pour ainsi dire, indéfinie dans cette circonstance.

Les jus de betterave subissent plutôt la transformation lac-

tique, comme nous l'avons dit, et le vesou de cannes manifeste plus de tendance vers la transformation alcoolique, ce qui tient à la présence des sels alcalins dans les premiers et à la nature acidule du second.

Nous avons remarqué souvent que les racines sucrières altérées par suite de l'action de l'air sur un point lésé ne présentent pas seulement les phénomènes de la fermentation lactique, mais, encore, qu'il s'y produit une certaine proportion de matière visqueuse et de mannite. Il nous a semblé que ces faits se relient à la présence de la pectine et à l'altération de la pectose. En effet, du jus de betterave additionné de la décoction de la pulpe qui l'a produit passe, très-rapidement, à la dégénérescence mannitique, et il s'y forme beaucoup de matière glaireuse. Ce fait nous a paru digne d'observation, et il y aurait là un sujet important de vérification.

L'action complexe de l'air et du ferment est encore exagérée par l'exaltation de la température, dans tous les cas, au moins au-dessous d'une certaine limite. Mais l'*influence de la chaleur*, sur les dissolutions sucrées, doit encore être envisagée sous un autre aspect. L'action de cet agent favorise et hâte, en effet, la plupart des réactions chimiques, et le sucre, dont la tendance à s'hydrater est grande à toute température, se combine très-promptement avec l'eau, lorsque ses dissolutions aqueuses sont soumises à une température élevée. Une ébullition prolongée transforme en glucose le sucre pur dissous dans l'eau pure et, s'il faut un temps assez long pour que la transformation soit complète, il n'en est pas moins constant que cette hydratation du sucre, dans sa solution aqueuse, commence dès la première application de la chaleur, pour se continuer progressivement, de sorte que la presque totalité du sucre est métamorphosée en glucose après soixante heures d'ébullition, quel que soit, d'ailleurs, le degré de concentration du liquide.

On voit par là que, indépendamment de l'action des corps étrangers dont nous avons parlé, celle de la chaleur seule détermine fatalement la production d'une certaine quantité de sucre incristallisable, et que la plus grande attention du fabricant doit se porter vers les moyens d'annihiler ou d'atténuer les causes trop nombreuses qui tendent à augmenter la proportion des résidus, puisque la température même, à laquelle nous

devons soumettre les jus sucrés pour en extraire le sucre, est déjà une cause d'altération de ce principe.

La *lumière* n'agit pas sur le sucre pur et sec, mais elle présente sur les dissolutions de sucre une action très-réelle, parfaitement constatée. Nous avons reconnu, à plusieurs reprises, que des dissolutions de sucre pur dans l'eau distillée se conservent pendant un temps très-long dans des flacons noirs, pendant qu'elles s'altèrent et qu'il s'y produit du glucose, qui réduit la liqueur cupro-potassique, lorsqu'elles sont placées dans des flacons transparents et incolores.

Cette observation ne présente aucune valeur pour la fabrication, mais elle tend à démontrer que le sucre est soumis à des causes nombreuses de modifications et d'altérations, et que le fabricant doit prêter la plus grande attention et le plus grand soin au traitement des liquides sucrés, s'il ne veut augmenter encore, par sa faute, la quantité de résidus et de mélasse que la meilleure fabrication ne peut éviter de produire dans une certaine proportion.

X. — OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

De ce qui vient d'être exposé, avec des détails qui nous paraissent suffisants pour la pratique, il résulte des conséquences d'application qui intéressent au plus haut degré la fabrication sucrière et qui doivent, en quelque sorte, servir de base à ses opérations.

Le but du fabricant étant d'extraire, des plantes saccharines, la plus grande proportion possible de sucre cristallisé, avec le minimum de résidu incristallisable, et toute la question de la sucrerie se trouvant renfermée dans l'accomplissement méthodique de cette double condition, il est clair que toutes les opérations de la sucrerie doivent tendre à la fin pratique que nous venons d'indiquer.

Or, nous savons que les matières hydrocarbonées, telles que la substance gommeuse et la dextrine, font perdre du sucre en l'engageant dans les résidus; nous avons vu que le glucose agit de la même manière lorsqu'il préexiste dans les liqueurs sucrées et que la présence d'un grand nombre de matières différentes, telles que les principes pectiques, les matières azotées solubles, plusieurs sels d'origine organique, minérale, ou mixte,

qui ne détruisent pas le sucre, en entraînent une proportion plus ou moins considérable dans les mélasses, en s'opposant à la libre cristallisation du principe saccharin, et nous trouvons, dans la présence de ces divers corps, malgré leur innocuité apparente, une cause de perte à la fabrication, puisque le sucre, engagé dans les eaux-mères et non susceptible d'extraction économique, a perdu, par le fait, la plus grande partie de sa valeur.

Il est bien évident qu'un de nos premiers soins doit être d'éviter, par tous les moyens praticables, la présence de ces matières dans les solutions sucrées que nous avons à traiter et que, dès l'instant où elles existent en proportion notable dans les jus sucrés, il nous est impossible d'obtenir un chiffre de rendement satisfaisant, puisqu'une partie du sucre échappera, par ce fait, à la cristallission.

D'un autre côté, toute quantité de sucre incristallisable, de glucose, qui se formera dans les végétaux saccharifères ou dans les jus sucrés, correspondra à une double perte, celle du sucre transformé et incristallisable et celle du sucre entraîné par ce même glucose dans les mélasses, et dont la cristallisation est empêchée.

C'est la formation du glucose ou du sucre incristallisable qui est l'obstacle le plus grand de la sucrerie, et l'on aurait beau posséder des plantes sucrières d'une richesse exceptionnelle, dont les jus seraient d'une très-grande pureté relative, que la quantité des mélasses serait toujours sous la dépendance de la proportion du glucose produit dans les opérations. Et les causes de cette production sont nombreuses. La présence des acides, celle des bases, l'action du ferment, de l'air, de l'eau, celle de la chaleur, peuvent altérer assez de sucre pour que le rendement des cristaux soit presque insignifiant. Tout fabricant dont l'attention ne se porte pas toujours sur les réactions dont le résultat certain, probable, ou possible, peut se traduire par une augmentation du glucose, ne comprend pas les premiers éléments de son art, et il court forcément à la ruine.

Nous avons entendu faire, à ce sujet, des raisonnements pitoyables. Le sucre n'est pas altéré par les alcalis, disent les uns; il n'est pas interverti par les acides, s'écrie un autre, lorsque tous les observateurs désintéressés et dignes de confiance leur affirment qu'ils sont dans l'erreur la plus complète.

Rien ne les peut convaincre et, plutôt que de reconnaître qu'ils n'entendent rien, absolument rien, aux choses de la sucrerie, ils préfèrent se rejeter, en dernière analyse, sur la *mauvaise volonté* du sucre lui-même, sur la qualité de la matière première, et chercher à abriter leur ignorance sous un manteau de sottise. Ce qui nous tue aujourd'hui, c'est la vanité féroce des ineptes. Et ils sont nombreux, ceux qui croient tout savoir et qui, sans avoir jamais rien appris, ont la ridicule prétention de se croire infaillibles. C'est la plaie de la sucrerie en particulier.

Nous ne procéderons pas avec cette audace, si nous voulons nous familiariser avec la fabrication rationnelle; nous étudierons pied à pied les conditions dans lesquelles se trouve le sucre; nous vérifierons avec soin les réactions qui interviennent dans le travail, et nous nous imposerons pour principe invariable de n'avancer vers les inconnues que par l'observation. C'est là que se trouve le seul moyen intelligent d'arriver au bien, et si les habiles comprenaient la nécessité de la défiance de soi, ils n'affirmeraient pas sans avoir vu, lorsque les savants les plus éclairés et les fabricants les plus expérimentés hésitent et craignent de se tromper.

Nous voulons extraire un principe végétal dont la science a fait une étude sérieuse et qu'elle nous montre comme altérable par une foule de causes et une multitude d'agents; nous devons faire taire l'amour-propre qui nous dévore et nous appliquer d'abord à éliminer de nos jus toutes les causes d'altération sur lesquelles nous pouvons avoir une action; nous devons les empêcher de se produire dans des proportions nuisibles et, surtout, apprendre à discerner, entre les procédés et les méthodes, ce qui est fondé sur la science, la raison et l'expérience, afin de ne pas nous laisser entraîner vers des idées bizarres dont nous n'avons rien de bon à espérer.

Comment concilier ces règles et ces principes avec les théories des gens qui veulent de la potasse pour les plantes sucrières, lorsque nous avons appris que les alcalis sont les substances qui altèrent le plus le sucre en le changeant en glucose? Comment admettre la valeur de certains procédés à réclame, vantés outre mesure par des gens intéressés à en faire un succès d'argent? Comment voir la sucrerie dans l'outillage, après avoir étudié les causes de l'altération du sucre et de la production

des mélasses, qui sont, presque toutes, sous la dépendance de réactions chimiques? Le plus éminent service que l'on puisse rendre à la sucrerie moderne, serait de la convaincre de ceci, que l'extraction du sucre est d'abord une opération de chimie très-complexe et réclamant une attention de tous les instants, que l'outillage le meilleur et le plus dispendieux doit échouer, ou ne donner que des résultats insuffisants, lorsque le fabricant accomplit mal son labeur de chimiste, et que c'est par ce labeur, le plus important et le plus difficile, que la fabrication peut vaincre les obstacles de tout genre, par lesquels le résultat est amoindri, malgré l'emploi des machines les mieux comprises.

Nous espérons faire ressortir ces vérités fondamentales et en démontrer l'exactitude dans l'examen que nous aurons à faire des différentes parties du travail usinier.

CHAPITRE II.

Principes généraux. — Division et marche des opérations de la sucrerie.

En appliquant dès maintenant les principes qui résultent des notions générales contenues dans le précédent chapitre, nous pouvons déduire l'ensemble des règles pratiques relatives à la fabrication du sucre, ou, pour parler plus exactement, à l'extraction de ce principe. Nous connaissons l'influence des principales matières étrangères au sucre; nous avons appris quels sont les ennemis avec lesquels le fabricant doit compter, quelles sont les réactions qu'il doit craindre, et ces connaissances préparatoires nous permettent d'aborder les questions relatives à la manipulation industrielle des substances saccharifères, au traitement des jus sucrés en général, avant de passer à l'étude détaillée des méthodes et des procédés suivis dans les diverses branches de la fabrication.

Les principes et les règles que nous cherchons à grouper ici, d'une manière logique et avec toute la clarté possible, s'appliquant au traitement de toutes les matières saccharifères, nous croyons qu'il est indispensable, pour l'intérêt du lecteur, de donner à l'étude de ces règles et de ces principes toute l'étendue que peut comporter un sujet aussi important.

Il serait difficile de tracer d'une manière générale les règles qui doivent guider le fabricant de sucre, si l'on avait à envisager toutes les espèces de sucre; mais comme il ne s'agit le plus souvent, en pratique, que du sucre de canne, ou sucre prismatique, qui est, d'ailleurs, l'objet le plus important de ce travail, c'est de cette espèce que nous nous occuperons spécialement dans ce chapitre.

Le sucre prismatique fourni par la canne à sucre, le sorgho, le maïs, l'érable, le bouleau, la betterave ou la carotte, est chimiquement identique dans ces divers cas; mais les jus sucrés, les séves saccharines sont loin de présenter la même composition. Si l'on n'avait affaire qu'à des dissolutions de sucre pur dans l'eau de végétation, toute l'opération de la sucrerie se bornerait à éliminer l'eau par une évaporation méthodique, et l'on obtiendrait du sucre cristallisé par le simple refroidissement du sirop; mais il n'en est pas ainsi, et les liquides sucrés renferment, outre le sucre, des proportions considérables de matières étrangères.

On peut les grouper de la manière suivante, pour les étudier avec fruit. Les jus sucrés contiennent :

1° De l'eau;

2° Du sucre;

3° Des principes hydrocarbonés, de la matière gommeuse, de la dextrine, du glucose;

4° Des matières albuminoïdes ou azotées et du ferment;

5° Des substances colorantes;

6° Des matières salines solubles, organiques, minérales ou mixtes;

7° Des débris de ligneux et de matière cellulosique.

Pour que le sucre parvienne à être débarrassé de la plupart des substances étrangères, il convient de le traiter par des procédés rationnels, qui le ramènent graduellement à la plus grande pureté possible. Les moyens d'action, nombreux aujourd'hui, doivent être choisis avec discernement, selon la provenance du liquide auquel on s'adresse. Certaines matières albuminoïdes, se coagulant par la chaleur, seront chassées par les écumes; d'autres seront précipitées par des agents chimiques appropriés; les matières colorantes seront détruites ou absorbées par les agents décolorants; les sels seront précipités ou entreront dans des combinaisons, insolubles ou inoffensives,

et la filtration, la clarification, débarrasseront des matières étrangères suspendues.

Il ne restera plus, dans les liqueurs sucrées, que de l'eau, du sucre prismatique, souvent encore une certaine proportion de sucre incristallisable $C^{12}H^{9}O^{9}+3HO$, ou même, de glucose $C^{12}H^{9}O^{9}+5HO$; enfin, on ne pourra pas éliminer certains sels que l'on n'a pas trouvé le moyen de précipiter par des agents chimiques d'un emploi industriel. Ces sels sont principalement les sels alcalins ou les sels de potasse et de soude, qui se concentreront dans les eaux-mères ou mélasses, et ne laisseront que des traces dans le sucre prismatique bien égoutté, s'ils sont ramenés à une forme convenable.

Il convient d'examiner les opérations de la sucrerie, afin d'en donner l'idée générale à nos lecteurs, qui trouveront, dans les chapitres suivants, les détails complémentaires dont ils pourront avoir besoin.

La fabrication du sucre cristallisé comprend :

1° La *préparation de la matière première ;*

2° L'*extraction du jus sucré;*

3° La *purification du jus ;*

4° La *concentration du jus purifié ;*

5° La *filtration* et la *décoloration ;*

6° La *cuite* ou *complément d'évaporation ;*

7° La *cristallisation ;*

8° La *purge des cristaux ;*

9° L'*épuisement des eaux-mères ;*

10° L'*utilisation des résidus.*

Ces opérations exigent, de la part du fabricant, des connaissances sérieuses, une étude soutenue des matières premières qu'il traite, et l'observation attentive des phénomènes chimico-physiques qui se passent journellement sous ses yeux.

Nous allons donc étudier les différents points de la fabrication sucrière, en nous renfermant, cependant, autant que faire se pourra, dans les généralités applicables aux matières premières les plus diverses, afin que cette étude puisse satisfaire aux besoins de la fabrication, dans toutes les conditions où elle peut être supposée placée. Il en résultera ce grand avantage, lorsque nous passerons à l'examen de la fabrication spéciale, indigène ou exotique, de pouvoir comparer ce qui se fait avec ce qui doit se faire, ce qu'on met en pratique avec les

principes fondamentaux qui règlent la pratique. Nous aurons ainsi un *criterium* à l'aide duquel nous pourrons apprécier, sans crainte de commettre des erreurs capitales, les systèmes, les méthodes et les procédés, et nous pourrons nous maintenir, à cet égard, dans des conditions d'impartialité rigoureuse. Ce n'est pas de la flatterie ou du blâme, quand même, qu'il convient ici de se servir; c'est de la vérité seulement, et il ne serait pas possible de rester dans les limites du vrai, si l'on ne pouvait, à chaque instant, se reporter à des principes technologiques, dûment établis sur des faits scientifiques indubitables.

I. — PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE.

Quelle que soit la matière première qui serve de base aux opérations de la sucrerie, cette matière doit subir une préparation préliminaire destinée à faciliter le travail manufacturier. Le *nettoyage* des racines sucrières, l'*appropriation des tiges saccharifères*, selon leur nature et leur qualité, constituent un travail de première nécessité sur lequel nous n'aurons à faire que de courtes observations, uniquement afin d'en faire voir l'utilité pratique.

Préparation des racines sucrières. — Les betteraves et les carottes destinées à la sucrerie sont conservées dans les silos, sous les hangars, etc., dans l'état où elles ont été rapportées du champ producteur. — C'est dire qu'elles retiennent de la terre, des fibrilles, des pierres même, quelquefois, et il est nécessaire de les *nettoyer* pour deux raisons graves; la première consiste en ce que les dents ou les lames des instruments de division pourraient être brisés par le gravier et les pierres, la seconde, en ce que les matières terreuses, introduites dans les jus sucrés, augmentent la proportion des substances minérales, et qu'il peut en résulter, ou une plus grande altération du sucre dans le travail, ou la nécessité d'employer une proportion plus considérable d'agents de purification.

Disons, cependant, que l'enlèvement des radicelles paraît peu rationnel à quelques personnes qui, les considérant, avec assez de raison, comme plus riches en sucre que le corps même des racines, regardent cet enlèvement comme la cause d'une

très-grande perte en sucre. Nous n'insisterons pas sur cette idée, parce qu'il nous semble que cette perte pourrait très-bien être négligée, si l'on prenait soin de ne pas en faire de beaucoup plus considérables.

Nettoyage des racines sucrées. — Les racines sucrées ont été pendant longtemps soumises à un nettoyage à la main : des femmes ou des enfants enlevaient les parties gâtées, les fibrilles et les radicules, la terre et les pierres, à l'aide d'un couteau; on retranchait encore dans cette opération une partie du collet, au niveau de la partie verte servant de point d'émergence aux feuilles. Ce mode est à peu près généralement abandonné. En effet, le nettoyage à la main exige une main-d'œuvre assez coûteuse, le travail est imparfait et il reste encore beaucoup de terre autour des racines. Les matières terreuses augmentent beaucoup les dépôts, nuisent à la qualité des pulpes et multiplient les difficultés de la purification des jus. C'est tout au plus si le nettoyage à la main présenterait quelque avantage dans les petites exploitations rurales, si l'industrie sucrière parvient un jour à reprendre sa place dans les industries agricoles proprement dites. Il est aujourd'hui remplacé par le *lavage*, qui est beaucoup plus prompt et plus économique, et dont les résultats sont beaucoup plus complets.

Il convient cependant de dire que, dans les premiers temps de l'industrie sucrière indigène, le lavage avait peu de partisans dans la nouvelle fabrication; mais les raisons mêmes qui semblaient militer contre le lavage en faveur du nettoyage à la main sont précisément celles qui ont contribué à faire abandonner ce dernier. Voici la manière dont s'exprimait Chaptal à ce sujet :

« Avant de soumettre les betteraves à la dent de la râpe, il faut les nettoyer de la terre qu'elles apportent des champs, en couper le collet, enlever les radicules qui sont sur la surface et séparer ce qui peut être pourri ou carrié.

« *Dans plusieurs fabriques, on se borne à laver les betteraves;* mais *cette opération ne peut pas* être avantageusement pratiquée dans toutes les localités : c'est pour cette raison que j'ai renoncé à ce lavage préliminaire, et je n'en ai éprouvé aucun mauvais effet.

« Huit femmes peuvent aisément éplucher dix milliers de

betteraves par jour; elles en préparent jusqu'à quinze et vingt milliers lorsque la racine est grosse et peu chargée de terre. »

Chaptal ne donne pas la *raison* pour laquelle le lavage *ne peut* être pratiqué dans toutes les fabriques... Assurément, cette impossibilité ne peut dépendre que du manque d'eau. D'un autre côté, il justifie du prix de revient plus élevé du nettoyage à la main; car nos fabriques actuelles seraient dans l'obligation d'avoir un nombre beaucoup trop considérable d'ouvrières pour alimenter le travail journalier par ce procédé. Et cependant, il y a des circonstances où il est absolument nécessaire d'y avoir recours. Ainsi, lorsque les racines commencent à s'altérer, qu'elles présentent des portions gâtées ou pourries, ce qui arrive fréquemment à partir du deuxième tiers de la campagne et lorsque les soins de conservation ont été négligés, il faut enlever à la main toutes les parties altérées, parce que les jus de ces portions, altérés eux-mêmes par l'effet de la fermentation, introduiraient dans la masse des éléments nuisibles au sucre et dont plusieurs sont d'une élimination difficultueuse.

En dehors de ces circonstances, les racines extraites du tas ou du silo, dépouillées rapidement de leurs radicelles, sont soumises à un lavage dans un appareil mécanique.

Lavage des racines sucrées. — Le *laveur* le plus simple, celui que l'on emploie dans les fermes pour le nettoyage des tubercules et des racines destinés au bétail est un cylindre dont la circonférence est formée de tringles de bois ou de fer, disposées en claire-voie et distantes l'une de l'autre de 30 à 40 millimètres. Cette machine, dont nous indiquons la disposition (fig. 2), a 2 mètres de longeur sur 1 mètre de diamètre; elle est animée d'une vitesse de douze à quinze tours par minute et plonge au tiers de sa hauteur dans l'eau d'une caisse en bois qui lui sert de support. Elle est un peu plus élevée à l'extrémité par laquelle on jette les racines, qui sont frottées les unes contre les autres et contre les tringles avant d'aller sortir par l'extrémité opposée. Elles sont parfaitement débarrassées du sable, de la terre et des pierres, et vont s'égoutter sur un plan incliné. Ce procédé est, de tous points, le plus expéditif et le plus économique, et l'on doit y avoir recours toutes les

fois que l'on a de l'eau à sa disposition. La caisse est vidée de temps en temps de l'eau de lavage ainsi que du dépôt terreux qui s'y amoncelle, et elle est remplie à moitié par de nouvelle eau. Dans beaucoup de laveurs mécaniques, on établit à l'ex-

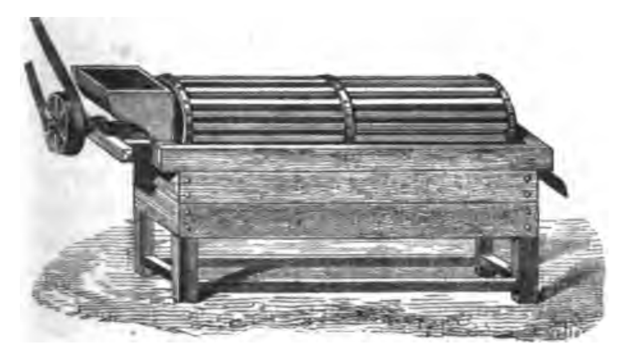


Fig. 2.

trémité de sortie un tronçon d'hélice intérieur à claire-voie, dans lequel les racines s'engagent par l'effet du mouvement de rotation, pour être ensuite expulsées de la machine.

En sortant de l'appareil laveur, les betteraves tombent sur un plan incliné qui se trouve à proximité des instruments de division, et c'est là qu'on les prend pour les jeter dans la trémie ou le caniveau qui les conduit vers ceux-ci.

Nous verrons ultérieurement quelles sont les principales modifications apportées à cette partie de l'outillage et nous jetterons un coup d'œil sur les indications de pratique que l'on doit s'efforcer d'atteindre.

Préparation des graminées saccharifères. — Ici, nous n'avons pas de lavage à exécuter, mais, cependant, on ne peut pas dire que les graminées sucrières ne requièrent pas une préparation attentive.

Par une conséquence directe de la nature des graminées dont nous parlons, les portions qui parviennent les premières à la maturité, celles qui renferment le plus de sucre prismatique sont les parties correspondantes aux nœuds les plus âgés, les plus rapprochés du sol par conséquent. Nous avons vu que les nœuds de la canne ne sont mûrs que lorsque

la feuille correspondante est desséchée et qu'elle est tombée, et nous savons que, dans les parties vertes, celles qui croissent encore et continuent à se développer, les tissus de la canne contiennent du glucose et de la fécule, et que ces faits sont démontrés par l'observation anatomique.

De même, dans le sorgho, qui est plus enclin à la production du glucose, les parties qui n'ont pas terminé leur évolution physiologique renferment une plus grande proportion d'incristallisable, et le sucre prismatique occupe surtout les nœuds inférieurs. Le maïs n'échappe pas à cette règle.

D'autre part les feuilles ne contiennent pas de jus sucré. Cela est évident, pour celles qui sont mortes et desséchées. Quant aux feuilles vertes, le *peu de sucre* qui s'y trouve est presque en totalité à l'état de glucose, et il serait préjudiciable de faire entrer cet élément dans les jus, qui n'en renfermeront déjà qu'une proportion trop considérable.

La *préparation des graminées saccharifères* doit donc consister dans la section des tiges le plus près du sol, dans la séparation des *nœuds à sucre* bien mûrs d'avec les portions moins mûres, plus riches en glucose, et dans la suppression des feuilles. Les feuilles de la canne doivent être réservées pour l'engrais du sol; celles du sorgho et du maïs peuvent être employées au même but, mais il est préférable de les faire consommer par le bétail.

Pour la canne donc, il faut enlever les feuilles, détacher la partie supérieure au niveau de la dernière feuille sèche et couper le reste, c'est-à-dire la portion exploitable, riche en sucre prismatique, en tronçons d'un mètre, dont il serait bon de faire des fagots d'un mètre environ de circonférence, pour la commodité du transport. Ce travail doit se faire sur le champ même. Quant à la portion supérieure, nous trouvons que c'est une faute de la perdre, et il conviendrait de recueillir à part les nœuds plus jeunes qui contiennent trop de glucose, de les débarrasser seulement des feuilles et de la flèche, et de les utiliser pour la production du rhum.

Nous avons déjà fait voir que les cannes de sorgho devraient être traitées pour sucre, pour les deux tiers inférieurs, et que le tiers supérieur devrait être réservé pour la production de l'alcool. C'est là, à notre avis, le véritable moyen de retirer du sorgho tout le produit qu'il peut donner, et il en résulte la né-

cessité de préparer les cannes de sorgho comme celles de la canne, au moment même et au fur et à mesure de la récolte.

Le maïs est dans des conditions similaires, et il est vraisemblable que, si jamais on parvient à en créer une variété très-riche en sucre, le principe sucré, comme dans les congénères de cette belle plante, y occupera, de préférence, les nœuds inférieurs, tandis que le glucose sera toujours plus abondant vers le sommet de l'axe.

II. — EXTRACTION DU JUS SUCRÉ.

Cette opération est loin d'être aussi facile qu'elle le paraît au premier abord, et nous trouverons la preuve de cette assertion dans les efforts inutiles tentés depuis de longues années dans les pays sucriers d'Amérique, pour améliorer le rendement obtenu de la matière première. On peut considérer, en moyenne, qu'il reste, dans le marc ou la *bagasse* de la canne, environ la moitié de la matière saccharine que renfermait la plante, et cette proportion énorme de substance utile à peu près perdue tient à l'imperfection des moyens employés pour l'extraction du vesou.

Dans le travail de la betterave, il est difficile d'évaluer à moins d'un cinquième de la totalité le sucre laissé dans la *pulpe*, au moins lorsque l'on suit les méthodes ordinaires.

On peut ranger les méthodes employées dans l'ordre suivant :

1° Ou la matière première est soumise à la *pression* ou elle est traitée par voie de *macération;*

2° Dans les deux cas, elle est *divisée* préalablement, ou elle n'est pas soumise à cette opération.

Dans le cas où la matière est divisée avant d'être soumise à la pression, l'extraction de la substance sucrée est plus rapide et plus complète. Le liquide sucré se mêle plus intimement à la séve, les cellules se rompent plus aisément et le moût en traverse les interstices d'une manière plus facile. Nous en dirons autant pour la macération, qui offre des résultats d'autant plus sûrs que la substance saccharine a été réduite en tranches plus minces.

Nous allons donc examiner successivement les règles suivies et celles à suivre dans toutes ces diverses circonstances :

1° *Division de la matière saccharifère;*
2° *Extraction du jus sucré ou vesou par pression;*
3° *Extraction du jus sucré par déplacement;*
4° *Extraction du jus sucré ou vesou par macération.*

Division de la matière saccharifère. — L'importance que l'on doit attacher à la division de la substance végétale dont on veut extraire le sucre repose sur des faits de physiologie et d'anatomie dont il est aisé de se rendre compte. Le sucre est renfermé dans des cellules closes, où il se trouve à l'état de dissolution plus ou moins concentrée. Or, que l'on soumette les matières sucrées à la pression, il est clair que le jus sucré des cellules déchirées s'échappera seul, mélangé avec de la séve, plus aqueuse, tandis que les cellules restées entières résisteront à toute la pression possible, si énorme qu'on la suppose. Ces cellules closes et entières n'abandonneront de leur sucre qu'à l'action dissolvante du liquide extérieur, qui leur fera subir, *en passant*, une sorte d'infusion à froid ou de macération. On sent combien cet effet serait borné, surtout dans une opération rapide, et l'on comprend la nécessité de briser les cellules, de les désagréger, afin d'obtenir plus de rendement en jus. Dans le cas de la macération, le fait n'est plus le même, à la vérité, mais la moindre durée de l'opération et ses chances de succès dépendent presque toujours de la plus grande division de la matière...

Division des racines sucrées. — Les racines saccharifères et les matières premières, telles que les cucurbitacées, d'une texture molle et aqueuse, ne présentent pas, à beaucoup près, la même rigidité que les tiges des graminées, dont nous nous occuperons dans un instant, et elles sont d'une division beaucoup plus facile. On a proposé différents modes pour l'exécution de ce travail, selon que l'on veut extraire les jus par la macération ou par la pression. Dans le premier cas, il suffit, à la rigueur, que les matières soient divisées en rubans, en lanières, ou en morceaux assez minces pour que la substance soit facilement pénétrée par le liquide macérateur. Le *coupe-racines* ordinaire des fermes, à quatre ou six lames (fig. 3), peut rendre les plus grands services; les racines, jetées dans la trémie, sont séparées en rubans minces et étroits par les lames dentées

et il ne reste qu'à les envoyer au fur et à mesure vers les appareils de macération. C'est l'instrument le plus simple et le plus commode dont on puisse faire usage ; il est très-applicable dans un grand nombre de circonstances, et la rapidité de son action

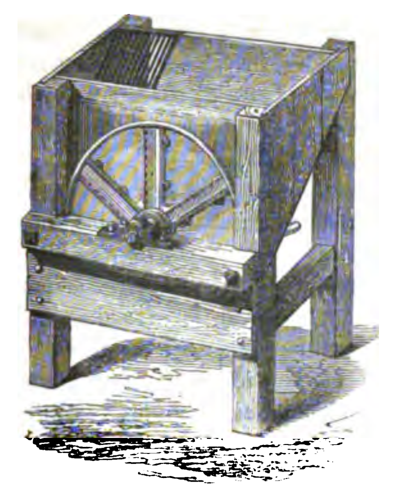


Fig. 3.

est très-grande. Nous étudierons, cependant, lorsque nous nous occuperons spécialement du travail de la betterave, les coupe-racines plus puissants que la construction moderne a adoptés, et il nous suffit, quant à présent, d'avoir fait comprendre l'action normale de ces appareils.

Mais dans le cas où le liquide sucré doit être extrait par la pression, il n'est plus possible de se contenter d'une division aussi imparfaite et l'on doit recourir à l'action de la *râpe*.

On a imaginé un grand nombre de râpes, dont plusieurs sont loin de répondre au but que l'on doit se proposer d'atteindre. Quelques-unes sont d'une excellente construction et nous les étudierons plus loin. Nous devons nous borner ici, nécessairement, à exposer les idées générales utiles, celles qui doivent faire saisir les conditions régulières de la fabrication sucrière.

Les râpes sont destinées spécialement à la division des racines saccharifères et des matières de résistance moyenne, et, bien qu'on en ait conseillé l'emploi pour la canne et le sorgho, la grande résistance du ligneux et de la partie extérieure de ces

plantes ne permet pas de songer sérieusement à les diviser à l'aide des râpes actuelles.

On avait proposé de diviser les racines et de les réduire en *pulpe* par l'action de la chaleur. Achard lui-même fit des essais dans ce sens; mais la pulpe, réduite à l'état de bouillie, ne pouvait plus être facilement soumise à la pression, les portions parenchymateuses et ligneuses passant à travers les sacs, comme de l'empois d'amidon. Cette idée était cependant la plus simple, et il est probable que des recherches bien dirigées pourraient en tirer un excellent parti.

Quoi qu'il en soit, la râpe ordinaire dont on s'est servi d'abord en féculerie et en sucrerie est un cylindre muni de lames dentées en scie, placées dans le sens de l'axe du cylindre qui les porte, écartées de 1 1/2 à 2 centimètres les unes des autres et maintenues par des barres de fer. Les dents offrent une saillie de 2 millimètres environ au-dessus de la superficie du cylindre, qui est animée d'une vitesse de sept à huit cents tours à la minute, afin de briser et d'ouvrir le plus possible de cellules saccharifères.

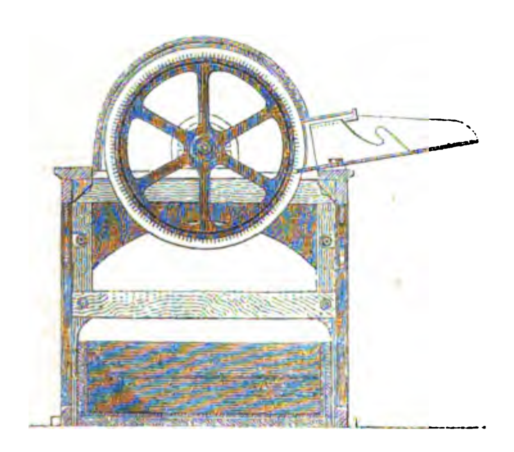


Fig. 4.

Le cylindre, disposé horizontalement, atteint les racines placées dans une coulisse et qui sont poussées à l'aide de pièces de bois nommées *rabots*. Ces rabots glissent dans des coulisses et sont dirigés soit par la main, soit par un moteur mécanique animé d'un mouvement de va-et-vient. La coulisse où sont

placées les racines étant divisée en deux parties par une cloison verticale, il faut employer deux rabots qui agissent alternativement.

L'arbre du cylindre repose, à ses deux extrémités, sur un *coussinet*; mais, comme, en raison de la grande vitesse imprimée au mouvement de rotation, ces coussinets se dégradent promptement, on est obligé de les renouveler assez fréquemment. Ceux en bois dur et fibreux sont les plus résistants, et l'on se trouve bien d'employer à cet usage le vieux noyer, dont on dispose les fibres horizontalement, ce qui les place dans un sens opposé à la direction de l'axe du cylindre.

On communique le mouvement au cylindre par un engrenage ou par une corde sans fin, ou, mieux encore, par une courroie de transmission. Ce dernier mode doit être préféré pour son économie et sa simplicité, et aussi parce qu'il y a moins de résistance à vaincre et, conséquemment, moins de force à perdre que par les engrenages.

Le bâti qui supporte la râpe est en bois ou en fonte.

La râpe que nous venons de décrire sommairement est celle de Burette, dont la figure 4 donne une coupe et qui a été fort longtemps employée à peu près exclusivement en sucrerie. Cette râpe joignait la solidité et un bon travail à un prix relativement modéré.

Les coulisses par lesquelles arrive la matière première peuvent recevoir plusieurs inclinaisons par rapport à l'axe du cylindre dévorateur. Il se produit dans ces cas des effets très-différents que nous cherchons à faire comprendre au moyen de la figure 5 ci-contre.

Si les racines arrivent à la râpe, au-dessus de son axe, suivant une direction *abb'*, par exemple, elles sont fortement repoussées et l'action des rabots devient très-pénible. Mais, en revanche, la pulpe est très-fine et la matière aussi bien divisée que possible, parce qu'elle reste plus longtemps au contact des dents de la râpe.

Si la matière arrive dans le plan de l'axe, suivant *cdd'*, elle est moins repoussée, les rabots fatiguent moins et la besogne marche plus vite; mais la pulpe est moins fine. Enfin, lorsque les racines suivent une direction *eff*, au-dessous de l'axe du cylindre, celui-ci les attire avec une incroyable rapidité; mais la pulpe serait trop grosse et mal divisée si l'on n'avait la pré-

caution de diminuer le calibre des dents de scie et de les rapprocher.

Il y aurait peut-être avantage à faire arriver la matière suivant une direction presque verticale *gh;* mais alors les rabots

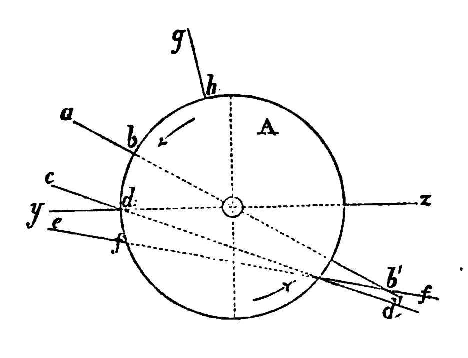


Fig. 5.

ordinaires devraient être remplacés par un levier et, dans tous les cas, on devrait faire parvenir les racines au cylindre, sur le côté, à quelque distance de la perpendiculaire au plan de l'axe, si l'on voulait obtenir une rapidité suffisante.

C'est l'inclinaison *eff* que l'on adopte de préférence en pratique, à raison de l'économie de temps qu'elle procure.

Un mince filet d'eau coule constamment sur la râpe pour faciliter le dégorgement des dents de scie et détacher la pulpe adhérente que la force centrifuge tend déjà à rejeter.

On comprend aisément que, si parfaite que soit une râpe, elle ne divise pas assez finement les tissus sacchariferes pour en déchirer toutes les cellules; cette vérité n'a pas besoin de démonstration et elle conduit à des conséquences sérieuses. Les cellules non divisées offriront toujours une résistance énorme aux moyens mécaniques employés pour extraire le jus, et le liquide sucré restera emprisonné dans leurs parois, malgré tous les efforts et toute la puissance dépensés pour le faire sortir.

Le procédé de division de la matière par l'écrasement ou par les pilons serait, peut-être, moins imparfait, si l'on était parvenu à construire une machine de ce genre, susceptible de traiter une quantité de matière suffisante, dans un temps donné.

Malheureusement, il n'en est pas ainsi, et les pilons vont trop lentement en besogne pour être d'un emploi manufacturier.

Division des graminées saccharifères. — Cette opération ne se fait pas, à proprement parler, pour la canne, ni pour le sorgho, ou pour le maïs et, dans les conditions actuelles, on se contente de la division sommaire que nous avons indiquée en parlant de la préparation de ces matières premières. La division réelle ne se fait, dans les modes suivis, que par la pression même et en même temps que l'extraction du jus. Cependant, au cas où l'on voudrait traiter ces plantes par la macération, dont nous aurons à démontrer les avantages au point de vue de l'extraction totale du principe sucré, elles devraient être divisées en petits tronçons à l'aide d'un instrument établi sur les bases de construction du hache-paille ordinaire (fig. 6), dont

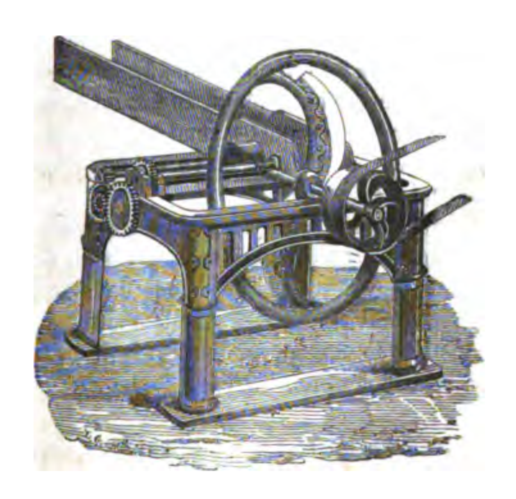


Fig. 6.

on peut se servir dans un grand nombre de cas. Cette machine peut être mise en mouvement à bras, par un manége, ou par le moteur de la fabrique. Elle peut porter deux, trois, ou quatre lames, selon la longueur que l'on veut donner aux tronçons. Cette longueur peut, d'ailleurs, être réglée à volonté, et plus les morceaux sont courts, plus aisément ils abandonnent la matière sucrée qu'ils renferment.

La division de la canne sera l'objet d'un examen attentif et nous espérons démontrer que, si le salut de l'industrie sucrière exotique est dans sa réunion définitive à la production agricole [1], le chiffre de ses rendements repose sur le procédé d'extraction du vesou, dont la division intelligente et économique de la matière représente la période préparatoire.

Quant au sorgho et au maïs, que l'on a essayé de traiter de la même manière que la canne, on verra plus loin la nécessité de recourir à un autre système, aussi bien que pour la canne, si l'on veut arriver à des résultats positifs.

Extraction du jus sucré par la pression. — La pression des matières sucrées divisées se fait par les *presses* ordinaires, à *simple effet* ou à *effet continu*, par la *presse hydraulique*, par le *filtre-presse*, ou par la pression de la *force centrifuge*, dans des *turbines* ou des *essoreuses*.

Celle des tiges saccharifères, non divisées, se fait habituellement entre les *cylindres* ou *rolls* d'un *moulin lamineur*, et cette opération se pratiquait, dans le début, en faisant passer les tiges sucrières sous des meules verticales, analogues à celles que l'on emploie pour écraser les fruits à cidre ou les graines oléagineuses dans certaines provinces.

Nous nous contenterons, pour le moment, de coordonner les indications générales relativement à la pression des matières saccharines, et nous resterons entièrement dans le plan de ce chapitre, en reportant les détails complémentaires, et la description circonstanciée des engins employés industriellement, aux chapitres relatifs à la fabrication.

Pression des matières divisées. — Les matières saccharifères, préalablement divisées par l'action d'une râpe ou d'un instrument analogue, portent le nom de *pulpes;* on appelle ordinairement *cossettes* les fragments ou morceaux plus volumineux, obtenus par l'action du coupe-racines ou du hache-paille. Il ne s'agit pas ici des cossettes, mais bien des pulpes, ou de la *râpure* des racines, l'action de la pression étant exclusivement bornée à ces matières, dont la division est assez grande et la

1. Cette question a été exposée dans le premier volume, livre II, ch. VI, p. 696 et suiv.

teneur en eau assez considérable pour que l'effet de la pression donne des résultats satisfaisants.

Pression par la presse ordinaire. — Lorsque la pulpe est obtenue par le râpage et à mesure de sa production, on la met dans des sacs en laine, que l'on remplit à moitié ou aux deux tiers et que l'on dispose à plat sur des claies en osier d'égale dimension. La partie supérieure de chaque sac est repliée sur le plat en dessus, afin d'opérer une occlusion convenable; on superpose une claie, puis un autre sac de pulpe, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le *tas* soit de la hauteur suffisante pour être introduit sans gêne entre le tablier et le plateau compresseur d'une presse ordinaire, d'un système quelconque, à coin, à choc, ou simplement à levier et à vis, comme celle que nous représentons par la figure 7.

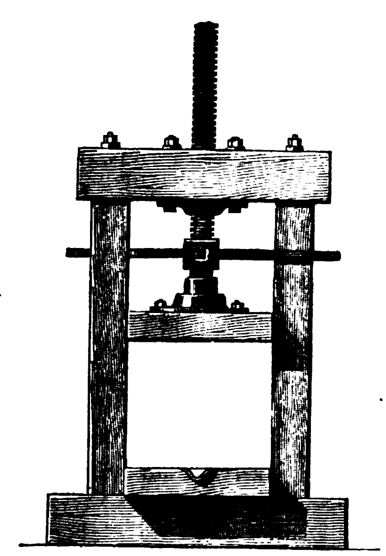


Fig. 7.

Sans nous arrêter aux différentes manières de mettre la pulpe en sacs, aux diverses formes des claies, ni même à la description de la presse, dont le dessin fait assez comprendre la forme essentielle, nous ferons observer seulement que la mise en sacs doit se faire sur un plan incliné, afin de recueillir aisément le liquide qui s'écoule pendant l'ensachement et que, autant que

possible, l'extraction du jus doit se faire à mesure de la rasion des racines, afin qu'aucune portion de pulpe ne reste plus longtemps exposée à l'action de l'air, dont l'effet le moins pernicieux est d'oxyder et de brunir la matière extractive. Nous avons dit, dans le précédent chapitre, quels sont les inconvénients de l'action de l'air sur les matières saccharines et nous supposons que le travail dont nous parlons se fait avec *célérité* et *propreté*.

Aussitôt que les sacs sont portés sur le tablier de la presse et pendant que l'on procède à la préparation d'un tas, on fait descendre le plateau de la presse à l'aide du levier, et le mouvement de la vis opère une pression d'autant plus considérable que les bras sont plus longs et qu'on y applique une force plus grande. Pour obtenir de bons résultats avec la presse à vis, ou avec toute autre, il importe de presser *très-lentement*, afin de laisser écouler une portion du liquide dont la résistance est très-considérable. Aussitôt que le jus s'est séparé de la pulpe, on peut recommencer à presser, et l'on agit par des actions et des arrêts alternatifs jusqu'à ce qu'il devienne impossible d'extraire de nouveau liquide. C'est de cette façon seulement que les presses ordinaires peuvent rendre tout leur effet, et la différence de produit en jus, obtenu par une action violente et continue, ou une action lente et intermittente, s'élève quelquefois de 15 à 20 0/0. Il arrive qu'après une pression très-énergique, mais continue, on trouve que la partie centrale du résidu contenu dans les sacs est encore très-humide et qu'elle est restée à l'état pâteux, tandis que, par une pression bien faite, ce résidu est presque sec et ne mouille plus la main.

En manœuvrant convenablement une presse à vis, et en ne chargeant pas trop les sacs, on peut obtenir 75 à 80 0/0 du jus contenu dans une pulpe, mais le rendement ne s'élève guère au-dessus de 65 à 70 par une *première pression*. Si l'on veut obtenir un rendement plus avantageux, il est nécessaire, lorsque la première pression est terminée, de retirer les sacs, de les faire tremper dans l'eau avec leur contenu pendant quelques instants, puis de les soumettre à une *seconde pression*. Le liquide obtenu par cette opération est moins riche en sucre que le premier, il est vrai, mais l'épuisement du résidu est plus complet. Supposons, par exemple, que l'on ait d'abord obtenu, de 100 kil. de pulpe de betterave, 70 litres de jus normal à 7° B, ou à 1051 environ de

densité; la proportion moyenne des matières solides de la racine, formant le résidu réel, étant supposé de 6 0/0, on a 94 — 70 = 24 0/0 de jus normal restant dans la pulpe pressée. Si l'on fait absorber à cette pulpe 24 d'eau, le chiffre de ce jus *affaibli* est de 48 et, si l'on en retire la moitié, soit 24, à 3° 5 B, la perte en jus n'est plus que de 12 0/0, à 7° B... Le gain de 12 0/0 de jus normal ou de 24 de jus affaibli représente un huitième de la valeur de la racine, et compense très-largement l'ennui causé par une seconde opération et la perte de temps qui en résulte. On pourrait d'ailleurs, dans le cas dont nous parlons, avoir une seconde presse qui servirait seulement à épuiser les pulpes imbibées d'eau, en sorte que, de cette façon, la perte de temps n'entrerait plus en ligne de compte et l'on aurait seulement deux ou trois ouvriers en plus occupés à la seconde pression.

Il nous semble utile de donner place ici à une autre observation que nous croyons très-importante au sujet de la valeur des pulpes et du travail ultérieur des jus. On sait que les matières albuminoïdes exercent sur les liquides sucrés une influence pernicieuse dont les effets ont été indiqués précédemment. D'un autre côté, ces mêmes matières albuminoïdes représentent l'élément *viande* de la plante, et il serait d'un haut intérêt de les conserver entièrement dans les résidus destinés au bétail. Lorsque ces matières, solubles dans l'eau, et dans le jus, par conséquent, sont extraites par la pression, elles passent dans la suite des opérations, et celles qui sont éliminées sont devenues inutiles pour l'étable. Elles ne peuvent plus être restituées au sol que sous forme d'engrais. Ne vaudrait-il pas mieux les transformer, dans la pulpe même, à l'*état insoluble,* de manière à les éliminer de prime abord et à les faire rentrer ainsi dans l'alimentation des animaux? Des expériences fort nombreuses que nous avons faites à ce sujet, il résulte que l'addition d'une infusion de *matière tannante* à la pulpe débarrasse les jus des substances albuminoïdes, et augmente la valeur nutrimentaire des pulpes, avec grand avantage pour la santé et l'état hygiénique du bétail, qui n'est plus exposé aux accidents diarrhéiques causés par l'usage des pulpes ordinaires. Nous aurons à revenir sur ce point capital, digne de l'attention des praticiens, et nous répondrons aux objections de détail qui pourraient être faites contre l'adoption de cette mesure.

Pression par les presses continues. — De tout temps on a considéré l'invention d'une bonne *presse à action continue* comme un grand *desideratum* en sucrerie, au moins pour les usines qui ne traitent pas de grandes quantités. La plupart des appareils de ce genre consistent essentiellement en un jeu d'un couple ou de plusieurs couples de cylindres, entre lesquels une toile sans fin apporte la pulpe à presser.

On connaît assez la presse continue à cylindres de Pecqueur, qui a été employée dans plusieurs usines, mais qui ne peut servir que pour les pulpes.

Lorsque la matière divisée sort de la râpe, elle s'introduit dans un corps de pompe dont le piston la pousse entre deux laminoirs creux, percés de trous et recouverts d'une toile métallique.

Malheureusement la matière n'est pas épuisée par cet appareil, parce que son action n'est pas assez lente pour que le jus ait le temps de s'écouler.

L'idée des appareils à pression continue est loin d'être neuve et, dès 1812, on présenta à la Société d'encouragement une presse de ce genre, dont la figure 8 donne les principaux détails. A et B sont deux cylindres de renvoi, portant une toile sans fin CD, en gros fil retors, bordée de deux cordonnets de la grosseur d'une plume à écrire. Les cylindres E et F servent à laminer la pulpe, qui tombe constamment sur la toile sans fin; F reçoit le mouvement du moteur par la râpe et le transmet

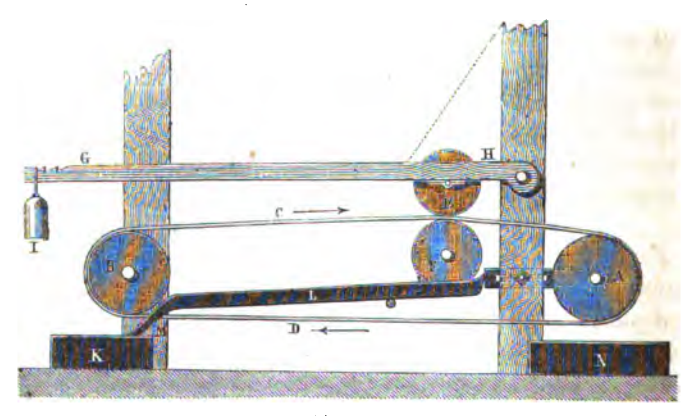


Fig. 8.

à E, qui est monté sur un châssis GH, auquel on adapte des poids I pour augmenter à volonté la pression. Le suc est recueilli par une auge en fer-blanc L, qui le conduit au réservoir K par une gouttière M, tandis que la pulpe pressée tombe dans la caisse N.

Nous n'avons parlé de cet appareil et nous n'en indiquons la forme que pour donner une idée générale de la manière dont ces engins ont été compris. Sauf pour le levier régulateur, qui a été remplacé par des dispositions différentes, les inventeurs ne sont guère sortis pendant longtemps de ce plan primitif. Dans ces conditions, la pulpe n'est pas épuisée par ce laminage, puisqu'il est presque toujours nécessaire de la soumettre à l'action d'une pression plus énergique. C'est là le mauvais côté de ces sortes d'appareils, aussi bien pour celui-ci que pour les autres qui ont été imaginés. Nous verrons plus tard quels sont les progrès accomplis dans cette voie.

En somme, les presses continues pourraient rendre de grands services, surtout pour les petites installations où l'économie est de première règle; mais il serait plus rationnel de les appliquer à une seconde pression, à une pression d'épuisement, sur des pulpes déjà pressées et *trempées*, dans lesquels le jus restant est assez pauvre pour que l'on n'ait pas à redouter énormément l'inconvénient que nous venons de signaler. Nous pensons que le véritable rôle de la presse continue consisterait, dans le traitement des pulpes par *macération* [1], à enlever l'eau surabondante des matières appauvries, afin de les rendre plus conservables et plus saines pour le bétail.

Pression par la presse hydraulique. — Malgré des objections intéressées formulées en 1813, par M. Isnard, contre la *presse hydraulique*, objections qui seront reproduites à titre de renseignement, cette presse est universellement employée dans toutes les industries où l'on a besoin d'obtenir des effets considérables.

C'est à l'illustre Pascal que l'industrie est redevable de la première idée d'appliquer la puissance de l'eau à l'augmentation de la force des presses. On lit, en effet, dans son *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*,

1. Voir plus loin, page 101.

dont la deuxième édition a été publiée en 1684, le passage suivant :

« Si un vaisseau plein d'eau, clos de toutes parts, a deux ouvertures, l'une centuple de l'autre, en mettant à chacune un piston qui lui soit juste, un homme, en poussant le petit piston, égalera la force de cent hommes qui pousseront celui qui est cent fois plus large, et en surmontera quatre-vingt-dix-neuf autres.

« Et quelque proportion qu'aient ces ouvertures, si les forces qu'on mettra sur les pistons sont comme les ouvertures, elles seront en équilibre; d'où il paraît qu'un vaisseau plein d'eau est un nouveau principe de mécanique et une machine nouvelle pour multiplier les forces à tel degré qu'on voudra, puisqu'un homme par ce moyen pourra enlever tel fardeau qu'on lui proposera. »

Ainsi, si nous supposons au petit piston une section 1 et au grand une section 1,000, la pression exercée sur le petit piston se transmettra mille fois plus grande au grand piston, et un poids de 1 kilogramme, par exemple, placé sur le petit piston, exercera sur le grand une pression de 1,000 kilogrammes.

Le grand homme profita de cette loi pour exercer d'énormes effets avec une très-petite force, et il inventa la *presse hydraulique*.

Cette presse a été modifiée, quant à la forme, relativement à la puissance qui agit sur le petit piston, etc.; mais, quelle qu'elle soit, elle est toujours conforme aux principes posés par Pascal. Elle se compose essentiellement de trois parties importantes : un réservoir à eau, une petite pompe et un vase où se meut un large piston ascendant sous la pression de l'eau injectée par la petite pompe. La figure 9 représente une petite presse hydraulique de laboratoire, dont les détails suffiront à faire comprendre cet appareil aussi ingénieux qu'utile, qui a déjà rendu aux nombreuses branches de l'industrie les services les plus importants.

Un bras de levier H met en mouvement le piston C, qui fait passer l'eau du réservoir A par le conduit DE dans le réservoir B. Cette eau soulève le piston surmonté du plateau F, et les objets dont ce plateau est chargé sont comprimés contre l'obstacle fixe G.

Conformément à la loi de Pascal, vérifiée par l'expérience journalière, la pression obtenue en G sera à la puissance agissant sur le levier H comme le grand piston est au petit.

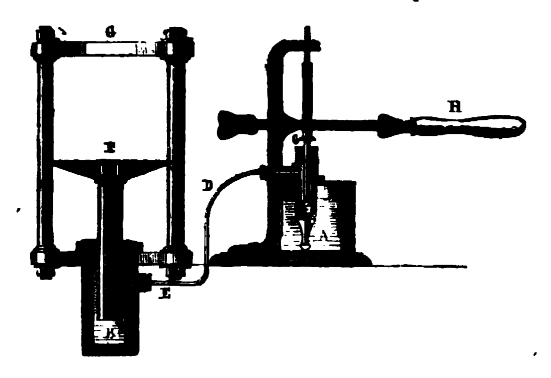


Fig. 9.

Supposant donc le grand piston d'une section de 78c,54 pour un diamètre de 0m,10, et, d'autre part, la section du petit piston étant égale à 4c,52 pour un diamètre de 0m,024, la force du petit piston se multipliera sur le grand dans le rapport de ces sections. Admettons que la puissance agissante soit de 12 kilogrammes et que la longueur du levier multiplie cette force par 10, nous aurons une action de 120 kilogrammes sur le petit piston. La pression exercée entre F et G, sur le corps comprimé, nous sera donnée par la proportion :

$$4,52 : 78,54 :: 120 : x = 2085,133.$$

Ainsi une force initiale de 12 kilogrammes, décuplée par l'effet du levier, donnera une pression de 2,085 kilogrammes. Une puissance de 100 kilogrammes décuplée également par le levier donnerait une pression de 17,370 kilogrammes. On comprend aisément les immenses effets de pression que l'on peut obtenir avec la presse hydraulique, puisque, pour les multiplier, il ne s'agit que d'augmenter le rapport entre les pistons, ou d'augmenter la puissance active, directement ou par l'effet du levier, ou, encore, de combiner ensemble toutes ces causes d'action.

Ainsi, soit n le rapport entre les sections des pistons, m la force appliquée et r l'effet du levier, on trouvera pour la pres-

sion obtenue sur le grand piston, ou pour la valeur x, qu'il faut résoudre l'équation $n \times m \times r$ ou $nmr = x$.

Dans la presse hydraulique industrielle, le piston de la pompe étant sollicité par le moteur dans le sens de la verticale (fig. 10), on peut négliger la valeur r, ou l'effet de levier, et l'on a simplement l'expression : $nm = x$ pour valeur de la pression exercée sur le grand piston.

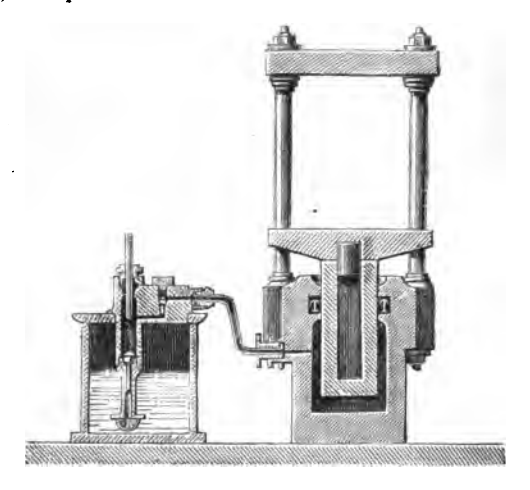


Fig. 10.

Le principe de Pascal fut mis en pratique par Bramah, en Angleterre, vers 1796, et les presses hydrauliques de cet inventeur furent importées en France par MM. Périer et de Bétancourt.

Aujourd'hui cette presse est généralement adoptée partout en sucrerie, soit seule, soit concurremment avec des presses ordinaires, à l'aide desquelles on fait subir aux pulpes une *pression préparatoire*, avant de les soumettre à l'action plus énergique des presses hydrauliques.

Dans les grands établissements, les presses hydrauliques sont mises en mouvement par le moteur de la fabrique, pour économiser le travail de main-d'œuvre et obtenir des effets plus considérables. Il n'est pas rare que la pression exercée sur les pulpes sucrées s'élève à un demi-million de kilogrammes et même au delà de ce chiffre.

Nous étudierons plus loin la construction de la presse hy-

draulique et la manœuvre que l'on exécute pour la charger et la faire fonctionner, lorsque nous traiterons de la fabrication du sucre de betterave.

Pas plus que la presse ordinaire, et pour la même raison, la presse hydraulique ne doit exercer une action violente et précipitée sur la pulpe. La lenteur du mouvement est de rigueur pour atteindre le maximum du rendement en jus sous une pression déterminée.

Pression par le filtre-presse. — Nous ne croyons pas que cet appareil ingénieux, dont il sera donné, en temps utile, une description détaillée, puisse être appliqué avantageusement, *au moins dans sa forme actuelle*, à l'extraction du jus des pulpes. Il faut comprendre, en effet, que, si des matières semi-fluides peuvent s'introduire facilement dans des espaces de $0^m,01$ à $0^m,015$, pour y subir une compression de 3 à 5 atmosphères, sous l'action de la vapeur ou de l'air comprimé, il n'en est pas tout à fait de même avec des pulpes râpées, *coulant* avec lenteur et irrégularité. Il y aurait toujours des inégalités dans la manière dont la pulpe se distribuerait entre les plateaux et, par suite, mauvais fonctionnement de l'appareil.

Quant à l'idée en elle-même, nous sommes loin de la critiquer, et il est certain que, si on la rend applicable à la pulpe, une pression qui *assèche* des résidus demi-fluides pourrait épuiser parfaitement les matières râpées. La compression dans un filtre-presse est très-considérable, et les résidus qui en sortiraient seraient d'une conservation très-facile. Ce point est à considérer, et nous serions heureux de voir une solution sérieuse à cette question.

Pression par la force centrifuge. — Nous employons à dessein le mot *pression* pour désigner l'action produite par les *essoreuses* ou les *turbines* sur les pulpes qu'on y introduit, bien qu'on puisse la faire entrer dans les méthodes de déplacement dont il sera question plus loin. Ce mode constitue en effet une véritable pression de la pulpe, et cette pression, due à la force centrifuge, est combinée à une sorte de lavage des parois extérieures des cellules, dans les premiers temps de l'opération. C'est en Allemagne principalement que l'on a adopté cette manière de procéder, depuis 1850...

Disons tout de suite à nos lecteurs français que, sur des pulpes seules, non additionnées d'eau, le rendement en jus par l'action des essoreuses ne dépasse pas 65 0/0 du poids de la pulpe, et que, par l'addition d'eau, dans une proportion très-élevée, on peut arriver, à peu près comme avec la presse ordinaire, à un rendement de 80 à 85 0/0, en déduisant la valeur du jus normal de celle du jus affaibli qu'on en retire. Or, il n'y a nul besoin de démonstration pour faire voir que, dans de telles conditions, la turbine ne produit pas de meilleurs résultats que la presse ordinaire. On retire des pulpes pures ce qu'on retirerait par la presse dans le même temps et, lorsque l'on a fait une addition de 50 litres d'eau pour 100 kil. de pulpe, il reste encore dans le résidu une proportion de sucre aussi considérable que dans les résidus de la presse ordinaire.

Nous verrons, d'ailleurs, les détails de cette question d'après les Allemands eux-mêmes...

Nous regardons le turbinage des pulpes comme une pression, à laquelle une addition d'eau fait succéder un travail de déplacement, et nous allons exposer rapidement les idées principales qui dépendent de ce mode intermédiaire.

Prenons pour exemple l'essoreuse ordinaire, dont la figure 11 représente une coupe et qui est reproduite en élévation par la figure 12.

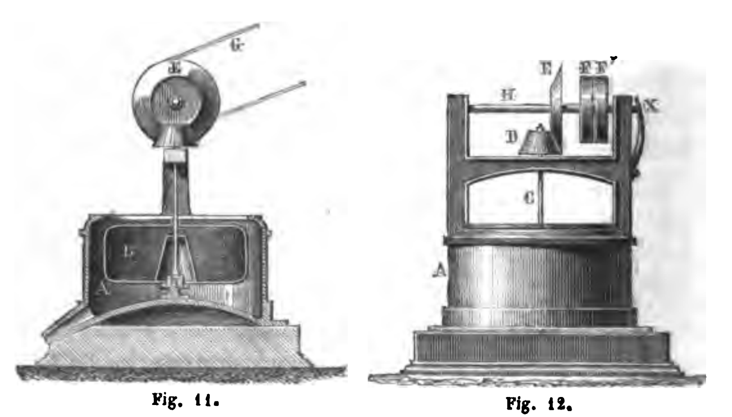


Fig. 11. Fig. 12.

Cet appareil est extrêmement simple et fort connu d'ailleurs aujourd'hui : Soit la figure 11. G est une courroie qui transmet le mouvement; E, une poulie marchant à frottement contre

l'axe D. BB est un vase cylindrique tournant, en bronze, dont la paroi perforée est recouverte en dedans par une toile métallique d'un numéro assez fin pour ne pas laisser passer la pulpe. A est l'espace libre entre le vase intérieur et son enveloppe extérieure. Celle-ci porte un ajutage pour l'écoulement des liquides.

Si l'on met de la pulpe en B et que l'on donne le mouvement à la machine, la matière vient, sous l'action de la force centrifuge, s'appliquer contre les parois de B; les portions liquides sont chassées en A à travers la toile métallique, et s'écoulent par l'ajutage. Si l'on jette de l'eau dans l'intérieur, à ce moment où la pulpe paraît épuisée de son liquide, il s'opère un *lavage* de la matière, dont le produit va rejoindre le premier jus, et de nouvelles additions d'eau peuvent rendre ce *lavage* très-complet; mais ce n'est là qu'un *lavage*, et le sucre contenu dans les cellules closes ne peut être enlevé par l'eau ajoutée. L'action centrifuge permet le lessivage de la matière et le favorise, mais elle s'oppose à l'introduction de l'eau dans les cellules entières et il n'y a pas macération.

Voilà le fait matériel exposé dans toute sa simplicité.

Nous avons rangé cette action parmi les pressions, et nous avons ajouté que, par suite, elle se combine avec le déplacement, ou plutôt le lavage, si l'on ajoute de l'eau.

Or, la *pression produite* dans une turbine en mouvement, sur la matière qu'elle contient, se déduirait de la formule de physique $F = m\frac{v^2}{R}$ qui renferme les lois de la force centrifuge dans le mouvement circulaire. Ces lois consistent dans les propositions suivantes :

La force centrifuge, dans le mouvement circulaire, est proportionnelle au carré de la vitesse et à la masse du mobile; elle est en raison inverse du rayon du cercle décrit. La *masse* du mobile, c'est-à-dire de la pulpe, égale le *poids* divisé par $g = (9,8088)$, qui est la *constante d'accélération;* d'où l'on a : $m = \frac{P}{g}$, et la formule : $F = m\frac{v^2}{R}$ revient à celle-ci : $F = \frac{P}{g} \times \frac{v^2}{R}$ $\left(\text{ou } \frac{Pv^2}{gR}\right)$.

En d'autres termes, la force centrifuge, ou, plutôt, la pression exercée sur les parois de la turbine égale le poids de la matière

multiplié par le carré de la vitesse et divisé par le produit du rayon multiplié par 9,8088. Avec une quantité de 100 kilogrammes de pulpe dans une turbine de 1 mètre de diamètre (= 0,50 de rayon), par 1200 tours par minute, chaque tour égalant $3^m,1415926$, on a $1200 \times 3,1415926 = 3769^m,91$ pour l'espace parcouru en une minute et $\frac{3769.91}{60} = 62^m,831$ pour la vitesse par seconde. De là, la formule ci-dessus devient, en mettant les valeurs chiffres à la place des lettres et effectuant les calculs :

$$F = \frac{100^k \times (62,831)^2}{9,8088 \times 0,50} = \frac{394773,4561}{4,9044} = 80493^k,72.$$

Mais comme cette pression est relative à la couche la plus extérieure, celle qui touche les parois, et que l'épaisseur de la masse de pulpe est, au moins, de 6 centimètres, on a pour la couche intérieure dans une turbine de 0^m50 de rayon, un rayon de $0,50 - 0,06 = 0,44$. L'espace parcouru par cette couche en une minute égale $3317^m,522$, et $\frac{3317,522}{60} = 55^m,292$ pour la vitesse par seconde. L'expression $F = \frac{Pv^2}{gR}$ est représentée par les chiffres

$$F = \frac{100 \times (55,292)^2}{9,8088 \times 0,44} = \frac{305720,5264}{4,315872} = 70836^k,189.$$

La demi-somme des deux pressions obtenues donnerait pour moyenne $75664^k,959$...

Nous venons de développer ce calcul dans un double but : celui de donner un exemple de la manière dont on peut apprécier la pression exercée sur la masse placée dans une turbine, et celui de faire ressortir les erreurs de cette appréciation dans le cas particulier qui nous occupe. Sous ce dernier rapport, les causes d'erreur sont tangibles :

1° La vitesse de la turbine est loin d'être uniforme comme elle est supposée l'être dans la formule, et elle n'arrive à son maximum que dans un espace de temps égal à 5 minutes environ. L'expression du carré de la vitesse est donc fausse pour toute la durée de l'accélération.

2° Dans la première minute, la pulpe turbinée perd la plus grande partie de son jus, et son poids est réduit des deux cinquièmes au moins pendant que la vitesse n'est guère, encore, que de 100 à 120 tours. L'expression de la masse est donc fausse dans les calculs, puisque, au bout d'une minute, la valeur de m qui était $\frac{P}{g} = \frac{100}{g}$ est devenue $\frac{P}{g} = \frac{60}{g}$ et que la valeur de P tombe graduellement vers 35 ou 40 avant que la vitesse ait atteint son maximum...

En partant de ce fait expérimental que la turbine ne fait guère que 120 tours pendant la première minute et que, pendant ce même temps, elle perd 2/5 de son poids, on trouve que, *à la fin de cette minute*, celle pendant laquelle le rendement est le plus considérable, la *pression moyenne* égalerait seulement 452k,945, par une charge initiale de 100 kil.

En admettant, avec les chiffres de l'expérience, que la turbine de 0,50 de rayon, par 100 kil. de charge initiale, est arrivée à une rotation de 850 tours par minute pendant la cinquième minute et que la masse est tombée au poids de 35 kil., par la sortie de 65 kil. de jus, on trouve que, *à la fin de cette cinquième minute*, après laquelle l'extraction directe est faite, la pression, sur la couche extérieure, égale seulement 13924k,74... Il y a loin, comme on le voit, de ces chiffres rectifiés aux données des allemands, lesquels ont raisonné sur les maxima, avec une vitesse uniforme, sans tenir compte de la décroissance progressive du poids de la masse introduite.

On ne peut guère évaluer la pression moyenne utile produite sur la pulpe, dans les turbines, au-dessus de 7,000 à 8,000 kilogrammes, malgré les enthousiasmes irréfléchis et les chiffres complaisants. Cet appareil ne peut donc soutenir la comparaison avec aucune presse, même avec la presse à vis ordinaire, et ce n'est pas sous le rapport du rendement direct que nous pourrons constater des avantages dans l'emploi de la turbine.

Par une addition d'eau qui peut s'élever jusqu'à 80 0/0 du poids de la pulpe, celle-ci est lévigée, lavée, et l'on peut retirer en *jus affaibli* la valeur de 87 à 88 de jus normal, soit environ 0,93 de la totalité. Dans cette condition, la perte en jus reste dans la pulpe ne s'élèverait plus qu'à 0,07 du total, ce qui serait fort beau, mais le liquide obtenu n'offre plus qu'une densité de 6,33 au lieu de 10 et il a perdu 0,367 comparativement

au jus naturel, ce qui donne à évaporer plus d'un tiers d'eau en sus. Ce résultat est à considérer.

Si, d'une part, l'épuisement de la pulpe est proportionnel à la quantité d'eau de déplacement, il est aussi en rapport avec la durée du turbinage qu'il faut porter à 40 ou 45 minutes, tout en faisant des additions d'eau successives, et cette durée conduit à l'augmentation du nombre des turbines et à l'accroissement de la main-d'œuvre. La difficulté de régler le travail n'est pas non plus sans importance; l'emploi de l'eau est difficile pour les ouvriers, les temps d'arrêt, pour l'extraction du résidu, le nettoyage et l'introduction de nouvelle matière, nous paraissent également mériter l'attention des fabricants.

Nous sommes loin, cependant, d'être hostile à ce mode d'extraction et nous nous contentons d'en signaler les défauts, en attendant que nous puissions l'examiner plus en détail en étudiant la fabrication du sucre de betterave.

Observation générale sur les effets de la pression. — Quelque parfaite que l'on suppose la pression opérée par les presses de tout genre, elle ne peut extraire toute la matière sucrée de la substance saccharifère. Cette proposition est tellement absolue que le résultat ne pourrait pas être atteint, même si toutes les cellules du tissu végétal étaient parfaitement déchirées; à plus forte raison, est-elle exacte dans le cas contraire. Les chiffres de la fabrication nous feront voir que, même par des pressions énormes, *tout le jus n'est pas extrait* des pulpes, en sorte que, en thèse générale, on ne peut regarder la pression comme un moyen complet d'extraction du jus des pulpes râpées. Nous allons voir que le travail de la canne et des tiges sucrières, par l'emploi des rolls ou des cylindres lamineurs, est encore beaucoup plus imparfait et nous chercherons ensuite quelle peut être la méthode certaine à laquelle la sucrerie doit demander une extraction réelle, aussi complète qu'on puisse le désirer.

Laminage des tiges saccharifères. — Les tiges de canne préparées comme nous l'avons dit, et coupées en morceaux d'un mètre, sont engagées entre des cylindres en fonte qui broient et divisent la matière en même temps que le jus sucré est expulsé des cellules déchirées. On procède souvent à une seconde pres-

sion, en faisant passer les cannes déjà pressées entre d'autres cylindres. On a des moulins à deux, trois, ou cinq cylindres...

De tous les appareils possibles, les *moulins lamineurs* sont les plus mauvais qu'on puisse employer : nous en indiquons seulement ici le principe, vicieux en lui-même, et nous réservons quelques détails pour le chapitre où nous nous occuperons spécialement de la fabrication du sucre de la canne.

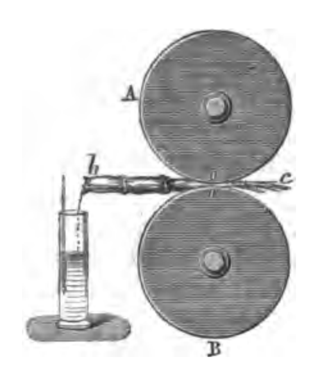


Fig. 13.

Soient A et B deux lourds cylindres de pierre ou de métal, tournant en sens contraire, sollicités par une transmission de mouvement provenant d'un moteur hydraulique, d'un moulin à vent ou d'un manége. Si l'on présente à l'entrée une poignée de cannes ou une canne seule, elle sera applatie en *oo*, et le jus s'écoulera en avant par les déchirures du tissu. La canne sera déchirée et pressée à la fois, et elle arrivera en *c* comprimée en rubans épais...

Au fur et à mesure que la canne s'avance entre les cylindres ou *rolls*, la séve repoussée par la pression de *oo* vers l'entrée s'empare, par lavage et dissolution, du sucre mis à découvert; mais il s'en faut de beaucoup que cette action soit complète. L'eau de végétation, beaucoup plus fluide que le sirop des cellules sucrées, est refoulée vers *b* par la pression, et elle ne s'empare du sucre sur sa route que dans des proportions relativement minimes.

On peut dire que c'est seulement le liquide retardataire resté en *oo* qui se charge de sucre, et que celui qui est en avance n'est que de l'eau presque pure.

Si l'on place, en effet, au-dessous de *b*, un verre ou plutôt une éprouvette dans laquelle se trouve un pèse-liqueur, on pourra constater que le premier liquide sortant est presque insipide et d'une densité très-faible, tandis que le vesou ruisselant en avant des cylindres est très-sucré et très-dense.

D'un autre côté, les cellules saccharifères imparfaitement divisées, mal lavées par le liquide séveux qui n'a pas eu le temps de les épuiser, conservent la plus grande partie de leur sucre à un haut état de concentration; de cette manière, on recueille une portion du sucre seulement et la plus grande partie de la séve, tandis qu'on laisse dans la bagasse peu de séve et beaucoup de sucre.

Il suffirait, pour obvier aux inconvénients de ce fatal système, de soumettre la bagasse laminée à une macération méthodique. On en retirerait la presque totalité du sucre à l'état de vesou très-concentré, que l'on joindrait ensuite au vesou de simple expression. Nous avons vérifié l'exactitude de ce fait sur la canne et le sorgho. Mais pour cela il faudrait *vouloir*.

D'après ce qui précède, il est facile de voir que le laminage des tiges sucrières est la plus détestable des opérations qui se puisse faire. On peut la rendre un peu moins irrationnelle, cependant, en ralentissant extrêmement le mouvement, pour permettre le déplacement d'une plus grande partie du sucre par la séve aqueuse; les bagasses résidus pourraient encore être soumises à une trempe de courte durée après la première pression, avant d'en subir une autre, ou, encore, dans les laminoirs à plusieurs rolls, on pourrait pratiquer une injection d'eau chaude et de vapeur, sur un point intermédiaire entre la première pression et la dernière; mais, quoi qu'on fasse, les meilleurs palliatifs ne pourront qu'atténuer le mal que nous signalons, pour lequel il faudrait un remède radical et énergique.

Extraction du jus sucré par déplacement. — Les méthodes de *déplacement* consistent essentiellement, comme l'expression l'indique assez bien, à chasser la séve sucrée libre des matières saccharines en y substituant de l'eau. Cette idée se confond aujourd'hui avec celle de *macération*, et elle nous semble être la base d'un procédé rationnel, qui pourrait s'appliquer à toutes les matières saccharifères. Il est évident

que si l'on comprend, par l'action du déplacement, un simple *lavage*, cette action ne peut enlever que le sucre libre, isolé; mais, comme le liquide de déplacement reste assez longtemps en contact avec la matière saccharine pour que l'opération équivaille à une véritable macération, aucun appareil de déplacement ne peut être considéré comme n'opérant qu'un *lavage sans macération*.

Si, en effet, la substance à traiter est dans un état de division ou de contusion suffisant, pour peu que l'opération ait de durée, l'eau pénétrera dans les cellules végétales et en éliminera partiellement le contenu en s'y substituant. Il y aura lavage et macération tout à la fois, bien que la macération ne soit pas complète. Il est, d'ailleurs, facile de concevoir qu'après un certain nombre de traitements semblables, tout le sucre sera éliminé, toute la séve sucrée sera extraite et remplacée par de l'eau, à une très-minime fraction près.

Nous ne nous occuperons donc pas du déplacement proprement dit et nous regarderons les appareils de déplacement comme des appareils macérateurs, puisque, avec un peu plus de temps employé au travail d'extraction, ils peuvent produire la substitution complète de l'eau au sucre, même dans les cellules closes et entières, ce qui est le résultat de la macération proprement dite.

Or, tous les termes du problème sont maintenant connus et parfaitement définis, et il ne manque plus, pour en surmonter les difficultés pratiques, que de posséder des machines et appareils pouvant fournir une production économique. Nous allons donc étudier moins sommairement les faits techniques relatifs à la macération et rechercher dans quelle mesure ils sont applicables à l'extraction des jus sucrés.

Extraction du jus sucré par macération. — Nous empruntons les généralités suivantes sur la macération à notre *Guide théorique et pratique du fabricant d'alcool et du distillateur* (t. I, p. 195), dans lequel les données relatives à ce mode d'extraction des jus sucrés ont été exposées d'une manière claire et succincte [1].

1. *Guide théorique et pratique du fabricant d'alcool et du distillateur*, par N. Basset. Trois forts volumes in-8°, avec de nombreuses gravures. Paris, 40, rue de Madame.

« La *macération* consiste à faire tremper, à *froid ou à chaud*, pendant un certain temps, les matières sucrées..., dans de l'eau..., afin de leur enlever le sucre qu'elles contiennent.

« Les effets en sont parfaitement expliqués par les phénomènes de l'*endosmose*. Soit, dans le vase A, figure 14, une cellule ou petite vésicule *c*, à paroi membraneuse, contenant des matières solubles et plongeant dans un liquide *moins dense* que les substances renfermées dans l'intérieur : le liquide *pénétrera* dans l'intérieur de la cellule à travers la paroi, et dissoudra une portion de la matière contenue dans sa cavité. En même temps que cette dissolution *sortira* hors de la cellule à travers les parois, il *pénétrera* à l'intérieur une autre portion du liquide dissolvant, et le phénomène se continuera jusqu'à ce que l'*équilibre de densité* se soit établi complétement entre le liquide extérieur et le liquide intérieur, ou jusqu'à la dissolution des substances contenues dans la cellule.



Fig. 14.

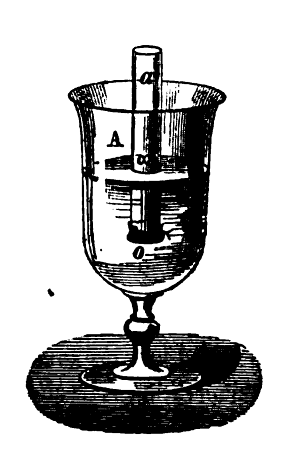


Fig. 15.

« C'est à l'ensemble des faits de ce genre qu'on a donné le nom français de *faits de substitution* et les appellations grecques d'*endosmose* et d'*exosmose*. Nous allons chercher à les faire comprendre.

« Deux liquides, dont l'un plus dense et l'autre moins, solubles l'un dans l'autre ou miscibles, étant séparés par une membrane organique, on peut observer un double courant qui s'établit entre les deux liquides à travers la paroi membra-

neuse : l'un, du liquide moins dense vers le plus dense ; l'autre, qui est l'inverse du précédent. Cela a lieu dans toutes les positions que l'on peut établir. Si l'on prend un tube en verre *aa*, (figure 15), qu'on le ferme à l'extrémité inférieure en *o* avec un morceau de vessie ou de baudruche, maintenu par une ligature bien faite, qui ne permette pas aux liquides de passer entre la membrane et la paroi du tube, on pourra placer dans ce tube un liquide dense, du sirop, par exemple, et le plonger dans l'eau du vase A en remplacement de la cellule hypothétique dont nous avons parlé tout à l'heure.

« Pour pouvoir déduire des conséquences vraies sur les phénomènes qui se produiront, on devra faire que les liquides soient à un même niveau exactement, afin qu'il y ait égalité de pression atmosphérique, dès le commencement de l'observation, et pour ne pas attendre que cette égalité s'établisse d'elle-même, après un temps plus ou moins long.

« Il s'établira un courant plus rapide, *de dehors en dedans*, qui portera l'eau dans le sirop du tube, et un autre courant plus lent, *de dedans en dehors*, qui portera dans l'eau le sirop dilué. Le premier de ces courants constitue l'*endosmose* (*osmos-endon, courant en dedans*), et le second, l'*exosmose* (*osmos-ex, courant en dehors*), et l'on dit que le liquide extérieur se substitue au liquide intérieur.

« Comme fait, cela est fort clair ; mais l'évidence est beaucoup moins grande lorsqu'on porte son attention sur les causes invoquées pour l'explication de ce phénomène.

« M. Dutrochet, qui a le premier observé les phénomènes endosmotiques (1826), n'en a pas donné de théorie à laquelle nous ayons à nous arrêter. M. Béclard fils a prétendu que l'on ne pouvait les attribuer qu'à la différence de *chaleur spécifique* des deux liquides, et M. Justus Liebig, l'illustre chimiste allemand, pense que l'on doit en trouver la cause dans l'*attraction chimique* exercée par la membrane sur l'un ou l'autre des deux liquides.

« Nous avouons que ces deux explications ne nous satisfont pas plus l'une que l'autre, bien qu'elles puissent intervenir toutes deux dans les causes du phénomène.

« Si l'on conçoit que les membranes organiques sont toutes poreuses et pénétrables, que les *mailles de leur tissu* laissent des interstices, on comprendra que cette membrane est plutôt

un obstacle, un retard, apporté au mélange des liquides, qu'un empêchement réel. Les pores de la paroi se comportent comme de véritables tubes capillaires à travers lesquels les liquides peuvent pénétrer, et il n'y aura plus en présence qu'un phénomène ordinaire d'attraction.

« Cette attraction, réagissant du liquide le plus dense sur le moins dense, détermine l'équilibration de densité entre les deux liqueurs, absolument comme elle aurait lieu en liberté, sauf le retard apporté par l'obstacle.

« Que la différence des chaleurs spécifiques, que l'attraction chimique même intervienne pour faire sortir (*exosmose*) la dissolution affaiblie, rien de mieux, en attendant des explications plus complètes; mais nous voyons dans la loi d'équilibre universel, dans la gravitation, si l'on veut, une cause très-suffisante, sans qu'il soit nécessaire de grossir le nombre des à peu près, des inconnues ou des forces catalytiques, en présence d'un fait aussi naturel.

« Remarquons encore que l'expression *substitution* est fausse, car le liquide extérieur ne se *substitue* pas à l'intérieur; il y pénètre, dissout les substances intérieures, et l'*équilibre absolu de densité* s'établit entre les deux liqueurs. Il y a eu *dissolution*, mais non pas substitution. En effet, si le tube *a* et le vase A (fig. 15) contiennent chacun le même volume de liquide, on trouvera, à la fin de l'opération, que la densité, dans les deux, sera devenue égale à la demi-somme des densités primitives. Si le tube *a* est placé alors dans un autre vase A avec des liquides de même densité que dans la première opération et de volume égal, cette deuxième opération nous conduira à une nouvelle équilibration, et le résultat sera encore la demi-somme. On pourra arriver ainsi, par des opérations répétées, à enlever la *presque* totalité de la différence entre le liquide dissolvant primitif, l'eau, si l'on veut, et la liqueur intérieure; mais il y aura toujours un reste, et jamais on ne pourra arriver à l'eau d'une matière absolue. Après dix opérations, cependant, la densité du liquide intérieur est assez atténuée pour que la valeur de l'excès puisse être négligée.

« Il est clair que le liquide extérieur étant *chaud*, sa densité est diminuée, et la pénétration endosmotique est plus rapide.

« Si la rapidité du phénomène est en raison directe de la capillarité de la membrane, elle est également en raison de la

différence des densités, et tout moyen apte à diminuer la densité du liquide dissolvant sera un moyen *accélérateur*.

« Si nous supposons donc les cellules saccharifères en contact avec un liquide moins dense, ce liquide pénétrera dans les cellules, dissoudra le sucre, et la dissolution sortira pour se mélanger au liquide extérieur jusqu'à équilibration de densité.

« Il en sera de même dans le cas où les cellules renfermeraient toute autre matière soluble.

« L'opération sera plus rapide avec un liquide macérateur *chaud* que si on la fait *à froid*, toutes observations réservées sur la valeur du résultat [1]... »

Nous savons, à l'égard de l'extraction des sucres par les méthodes de déplacement, que les divers procédés de déplacement ou de lavage ne peuvent enlever que le sucre libre, interposé entre les particules déchirées des tissus, mais qu'il est absolument impossible d'extraire par leur moyen la matière sucrée renfermée dans les cellules restées intactes. On a donc cherché à obvier à cet inconvénient par la *macération*, dont nous venons d'exposer les principes, c'est-à-dire par l'action de l'eau, assez longtemps prolongée pour qu'elle dissolve le jus sucré dans l'intérieur des cellules et que celui-ci devienne libre.

Il a été reconnu par divers observateurs que la macération *à froid* ne donne pas de résultats convenables. De son côté, M. Mathieu de Dombasle, qui était fort partisan de la macération, pensait que, *tant que la betterave était vivante*, il est impossible d'en extraire le sucre d'une manière manufacturière par la macération des tranches dans l'eau.

« Lorsque, dit-il, on a détruit le *principe de vie* des betteraves par la dessiccation, la coction ou la congélation, si l'on met les racines découpées en macération dans de l'eau, les forces de l'affinité s'exercent sans obstacle, et la matière sucrée se met en équilibre dans toute la masse formée par le liquide de macération et par le liquide contenu dans les morceaux de racines. »

1. « De toutes les substances végétales, le sucre dissous est celle qui, à densité égale, présente le plus grand pouvoir d'endosmose (Ganot). Cette proposition, complétement vérifiée par l'expérience, donne une force nouvelle et toute particulière au raisonnement de ceux qui veulent opérer l'extraction des sucres par macération. »

Quelques auteurs ne voyant partout que des forces chimiques, des affinités, ont révoqué en doute cette influence de la *vitalité*, tout en acceptant comme exact le fait de la difficulté de la macération par l'eau froide. Nous pensons qu'il ne faut pas rejeter *à priori* l'explication du célèbre agronome de Roville, et qu'elle a beaucoup plus de portée qu'on n'imagine. Tant que la *force vitale* n'est pas détruite dans une plante ou dans une partie de plante, les cellules conservent avec énergie leur agrégation intercellulaire et s'opposent avec une résistance considérable à tout ce qui peut la troubler. Mais cette agrégation étant détruite par une cause quelconque, la masse devient inerte, son élasticité d'action disparaît, et elle devient perméable aux agents employés, sans que l'affinité chimique ait diminué pour cela.

Voici comment M. de Dombasle exprime les principes de son opération :

« Si l'on expose à l'action de la vapeur de l'eau bouillante des betteraves en tranches de 5 à 7 millimètres (2 à 3 lignes) d'épaisseur, une heure suffit pour détruire le principe vital (ce terme nous paraît exagéré), et la petite quantité de liquide qui se condense est aussi chargée de matière sucrée que le suc contenu dans les racines. Si l'on verse ensuite sur les tranches une quantité d'eau égale à leur propre poids, en maintenant la masse au degré de température de l'eau bouillante, le partage des matières solubles s'opère en moins d'une demi-heure, et l'eau de macération se charge très-approximativement de la moitié de la matière sucrée contenue dans les tranches, de sorte que, si l'on opère sur des betteraves dont le jus marque 8°, on obtiendra un liquide égal en poids aux betteraves marquant 4°. Au moyen d'une seconde macération, avec une égale quantité d'eau, on extrait encore la moitié de la matière sucrée qui reste dans les racines; il en est de même pour les macérations, ou mieux les infusions suivantes, de sorte qu'après quatre macérations successives, les tranches étant desséchées ne présentent plus qu'environ 3 pour 100 du poids primitif des betteraves. Je suppose que l'on a opéré sur des racines qui, desséchées, entières et sans macération préalable, se seraient réduites a 14 pour 100; on leur a donc enlevé, par les quatre macérations, 11 pour 100 de matière soluble : le résidu est sec et insipide. D'un autre côté, si, après avoir ob-

tenu, par la première macération, un liquide à 4°, on le verse sur de nouvelles tranches déjà soumises à l'action de la vapeur, cette liqueur marquera 6° à la fin de cette infusion; à la fin d'une troisième, sur de nouvelles tranches, 7°. Il arrive de même si, au lieu d'opérer la coction des tranches par la vapeur d'eau, on leur fait éprouver l'action de la chaleur dans l'eau même. »

Ces principes, conformes à la théorie et à l'observation, présentent cependant des difficultés pratiques qu'il convient d'exposer. On peut admettre deux circonstances principales : la première, relative à l'augmentation de densité de l'eau qui va à la rencontre de nouvelles matières; la seconde, relative à l'épuisement des matières qui subissent plusieurs macérations successives dans une nouvelle eau.

Supposons que nous versons sur de la betterave une quantité d'eau bouillante égale à celle de l'eau de végétation de cette racine.

Dans une première macération, il se fera équilibre dans la masse et l'on retirera du liquide renfermant la moitié des substances solubles de la matière; ce liquide représentera une richesse relative de. 0,50

Deuxième macération de ce liquide sur de nouvelles matières, nouvel équilibre,

$$\text{soit } \frac{1+0,50}{2},$$

richesse relative du jus soutiré. 0,75

Troisième macération de ce liquide sur de nouvelles tranches, nouvel équilibre,

$$\text{soit } \frac{1+0,75}{2},$$

richesse relative du jus soutiré. 0,875

Une quatrième opération donnera. . . . 0,9375
Une cinquième — . . . 0,96875
Une sixième — . . . 0,984375
Une septième — . . . 0,9921875
Une huitième — . . . 0,99609375
Une neuvième — . . . 0,998046875
Enfin, une dixième — . . . 0,9990234375

En sorte qu'il faudra que le liquide passe dix fois sur de la matière nouvelle pour se charger d'autant de matière soluble, à moins d'un millième près, qu'il en existe dans la betterave ou toute autre substance convenablement divisée.

Si nous suivons maintenant l'épuisement de la matière saccharifère, nous verrons qu'après une première macération elle s'est appauvrie de la moitié de ses principes solubles; elle est donc devenue relativement. 0,50

Dans une deuxième opération avec une nouvelle eau, elle devient.	0,25
Résultat de la troisième macération. . .	0,125
— de la quatrième — . . .	0,0625
— de la cinquième — . . .	0,03125
— de la sixième — . . .	0,015625
— de la septième — . . .	0,0078125
— de la huitième — . . .	0,00390625
— de la neuvième — . . .	0,001953125
— de la dixième — . . .	0,0009765625

En sorte qu'après dix macérations dans l'eau, la proportion de celle-ci étant restée la même, la matière saccharine est épuisée, à moins d'un millième près.

Réunissons maintenant les deux éléments, afin de connaître les résultats *pratiques* possibles, et supposons une série de dix appareils disposés de telle façon que la matière nouvelle arrive dans le premier et que l'eau pure arrive dans le dernier, de manière à marcher incessamment au-devant l'un de l'autre, et étudions la question à partir d'une première opération de mise en train. Nous aurons :

Première opération.

Éléments.	Richesse du liquide.	Épuisement de la matière.
A, matière à 1,00 et eau.	0,50	0,50
B, matière à 0,50 et eau.	0,25	0,25
C, matière à 0,25 et eau.	0,125	0,125

Ainsi de suite jusqu'au 10e appareil, dont la matière sortira ne retenant plus que 0,0009765625 de ses matières solubles, et où elle abandonnera un liquide dont ce même chiffre indique la richesse.

Deuxième opération.

Éléments.				Richesse du liquide.	Épuisement de la matière.
A, matière à	1,00	et liquide à	0,50	= 0,75	0,75
B, matière à	0,50	et liquide à	0,25	= 0,375	0,375
C, matière à	0,25	et liquide à	0,125	= 0,1875	0,1875
D, matière à	0,125	et liquide à	0,0625	= 0,09375	0,09375

En continuant ainsi et en comptant du point de départ de la première opération, jusqu'à ce que le liquide macérateur soit *saturé* au même point que le jus normal de la plante, on peut dresser le tableau suivant :

Tableau indicateur de la richesse des liquides obtenus et de l'appauvrissement des matières dans un système de 10 appareils.

Nos des cuves.	Valeur ou chiffre représentatif des opérations.									
	1re opération.	2e opération.	3e opération.	4e opération.	5e opération.	6e opération.	7e opération.	8e opération.	9e opération.	10e opération.
A	0,500	0,750	0,875	0,937	0,968	0,984	0,992	0,996	0,998	0,999
B	0,250	0,375	0,437	0,469	0,484	0,492	0,496	0,498	0,499	0,499
C	0,125	0,187	0,219	0,234	0,242	0,246	0,248	0,249	0,249	0,250
D	0,062	0,094	0,109	0,117	0,121	0,123	0,124	0,124	0,125	0,125
E	0,031	0,047	0,055	0,058	0,060	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062
F	0,015	0,023	0,027	0,029	0,030	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
G	0,008	0,012	0,014	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016
H	0,004	0,006	0,007	0,007	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
I	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
J	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Les indications de ce tableau sont faciles à saisir. Les chiffres indiquent à la fois l'appauvrissement de la matière et la richesse acquise par le liquide macérateur; ainsi, soit à chercher la valeur de la cuve D, à la 8e opération : on trouve que le liquide qui en sort est chargé d'une quantité de matières solubles égale à 0,124 de celle qui est renfermée dans la substance *normale fraîche* à macérer, tandis que la pulpe, etc., qu'on en retire, n'en contient plus que 0,124 de ce qu'elle renfermait primitivement. Elle a ainsi perdu 0,876 ou 87,6 pour 100 des matières solubles qu'elle contenait.

Les chiffres qui précèdent n'ont de valeur qu'autant que l'eau de macération égale en quantité celle qui est contenue dans la plante à traiter.

Il importe de ne pas laisser trop longtemps les substances à macérer avec le liquide, si l'on veut ne pas nuire à la qualité des résultats. M. de Dombasle a trouvé qu'après huit heures de macération on obtenait de beaux produits; mais qu'après seize heures les sirops obtenus se coloraient davantage, et que la cuite en devenait difficile. Nous verrons tout à l'heure ce qu'il faut penser de ces chiffres.

Voici comment opérait cet agronome dans ce qu'il appelait le *virement*. Son *cuvier d'amortissement* était placé plus bas que les autres, lesquels, rangés à la même hauteur, étaient les *cuviers de macération*. Le premier était le *cuvier de tête;* le dernier, qui recevait les betteraves épuisées, était le *cuvier de queue*.

Nous laissons parler l'auteur lui-même :

« On met d'abord dans le *cuvier d'amortissement* une charge de betteraves fraîches et de l'eau, mais moins que de betteraves, parce que les tranches cèdent toujours un peu d'eau de végétation, environ de 15 à 20 pour 100 de moins que le poids des betteraves. Dans la mise en train, le cuvier d'amortissement devant recevoir plusieurs fois successivement des tranches fraîches, on ne doit y mettre, en commençant, que la quantité d'eau nécessaire pour que les tranches y soient immergées lorsqu'elles auront été soumises à la coction. On chauffe aussitôt en remuant la masse à plusieurs reprises : on arrête le feu au moment où la masse entre en ébullition, et on laisse la macération s'opérer, dans le cuvier couvert, un peu moins d'une demi-heure. Pendant cette macération, on doit remuer quelquefois, mais doucement, les tranches dans le cuvier.

« *Premier virement*. On enlève les tranches du cuvier d'amortissement et on les transporte dans le cuvier de macération le plus voisin ou cuvier A. On verse sur ces tranches une charge d'eau bouillante que l'on avait fait chauffer auparavant dans le cuvier à l'eau froide; on met enfin dans le cuvier d'amortissement une deuxième charge de betteraves fraîches. Si le jus des betteraves marque 8°, le liquide qui restera dans la chaudière d'amortissement, après l'enlèvement des tranches, marquera environ 5°; dans la macération avec les nouvelles tranches, le

liquide prendra environ 6° 1/2. Quant au cuvier A, les tranches qu'on y a mises marquaient également 5°, et, dans la macération avec l'eau qu'on y a ajoutée, la masse prend environ 2° 1/2.

« *Deuxième virement*. Quand la macération s'est opérée dans le cuvier d'amortissement, c'est-à-dire vingt ou vingt-cinq minutes après que l'ébullition s'y sera manifestée, on transportera les tranches du cuvier A dans le cuvier B qui vient après, et l'on versera dessus une charge d'eau bouillante tirée du cuvier à l'eau froide, que l'on charge aussitôt comme ci-dessus. On transportera les tranches du cuvier d'amortissement dans le cuvier A, et l'on chargera encore le cuvier d'amortissement de tranches fraîches, comme la seconde fois.

« Après la macération de ce troisième chargement, le liquide du cuvier d'amortissement marquera 7° 1/4; le cuvier A, qui était à 2° 1/2, sera porté à 4° 1/2 par la macération des tranches du premier virement. Pour le cuvier B, comme on y a porté des tranches marquant 2° 1/2 et de l'eau pure, la masse se trouvera à environ 1° 1/4.

« *Troisième virement*. On portera dans un troisième cuvier de macération C les tranches du cuvier B, et l'on y versera de l'eau bouillante comme dans les opérations précédentes, en remplissant d'eau froide le cuvier qui porte ce nom et la faisant chauffer promptement. On porte les tranches du cuvier A dans celui B, et celles du cuvier d'amortissement dans le cuvier A. Comme la liqueur du cuvier d'amortissement est déjà assez chargée de sucre pour être travaillée, on n'y met plus de tranches, mais on défèque dans le cuvier même avec la chaux, et, après dix minutes d'ébullition, on soutire dans le cuvier de dépôt.

« *Quatrième virement*. Il doit se faire comme dans les précédents: les tranches du cuvier C passeront dans le cuvier D... »

Malgré la vérité théorique qui sert de base au procédé de M. Mathieu de Dombasle, cette méthode ne serait pas applicable aujourd'hui, dans les conditions de rapidité nécessaires à la fabrication actuelle...

Sans étudier à présent les appareils proposés pour opérer l'extraction du jus sucré par voie de macération, nous chercherons, cependant, à compléter ce que nous venons d'exposer rapidement, en décrivant la manière dont les choses se passent

dans l'*appareil à macération continue* de Delimal (fig. 16), lequel n'est qu'une application du *virement* de Mathieu de Dombasle.

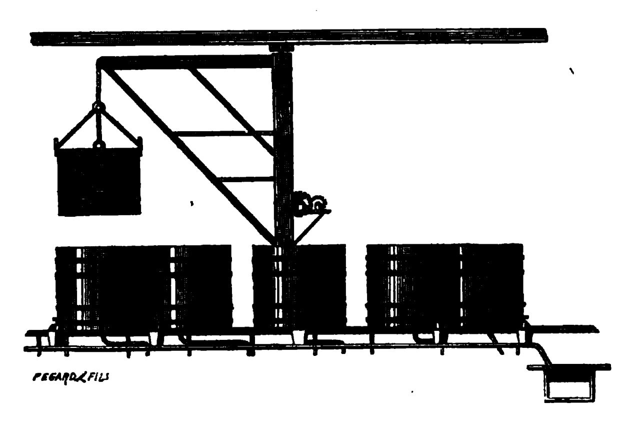


Fig. 16.

Une grue, placée au centre de dix cuves, dont l'eau peut être chauffée à + 75° ou 80°, ou même au-dessus de ce point, porte alternativement la matière dans les cuves selon leur ordre, jusqu'à ce que le liquide tombe à son dernier point d'appauvrissement. Nous supposons que le panier contient 1,000 kilogrammes de tranches de betteraves ou même de pulpe, et nous donnons aux cuves une capacité telle, que, si l'on y introduit 800 litres d'eau, cette quantité suffise pour recouvrir le panier. Nous donnons aux dix cuves et aux dix paniers un numéro d'ordre, de 1 à 10, à partir de la gauche et nous pouvons constater ce qui se passe, en supposant qu'un panier reste dans sa cuve pendant vingt minutes, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire à remplir un autre panier et à faire la manœuvre, et en admettant que la matière est riche à 10 0/0 de sucre.

Pendant que l'on divise la matière saccharifère pour le premier panier, les cuves reçoivent l'eau de macération, pure, ou tenant en dissolution des agents de purification ou de préservation, selon les cas, et cette eau est portée vers + 80° et elle est maintenue à cette température, au moins pour toutes les cuves qui reçoivent de la matière neuve.

Il est bien évident que, si la proportion du liquide macérateur ne dépasse pas celle de l'eau contenue dans la plante, le panier

n° 1, en arrivant dans la cuve n° 10, ne contiendra plus que 1 millième du sucre de la matière traitée, que cette matière est suffisamment épuisée, et qu'on peut la considérer comme résidu. D'autre part, en nous reportant aux indications du tableau de la page 109, nous trouvons que la cuve n° 1, après avoir reçu le passage de 10 paniers contenant de la matière neuve, renferme un liquide enrichi, contenant 99k,9 sur les 100 kil. qui se trouvaient dans les 1,000 kil. de matière. Ce liquide est exactement de la même densité que le jus normal de la plante, et il sera toujours facile d'adopter un mode de passage des liquides vers des matières riches de façon à ne pas laisser dans le résidu plus de 2 millièmes du sucre total.

Tout cela est d'une vérification facile, et nous ne rapportons ici que ce que nous avons vérifié expérimentalement. Nous verrons ailleurs comment la matière se comporte dans les différents appareils macérateurs qui ont été proposés.

Nous terminons cet aperçu par quelques considérations sur l'action de la chaleur à la macération, sur la durée de cette opération, et sur l'emploi du tannin comme agent éliminateur des matières albuminoïdes.

Il est bien certain que les fragments de matières saccharines, crus et conservant encore la résistance entière de l'agrégation organique, ne cèdent pas leurs principes solubles aux liquides macérateurs avec la même rapidité que les tissus qui ont été soumis à l'action d'une chaleur suffisante. Mais nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire, pour cela, de recourir à une cuisson spéciale, pour obtenir l'*amortissement* exigé par Mathieu de Dombasle. L'observation nous a fait voir qu'il suffit que dans la première cuve, ou dans la portion de tout appareil macérateur qui reçoit la matière neuve, la liqueur soit assez chaude pour opérer la coagulation de l'albumine jusque dans la profondeur des morceaux. En étendant cet échauffement du liquide aux deux premières cuves et en le portant vers + 90°, on obtient la pénétration par la chaleur dans des limites très-convenables, et il est inutile de faire une *cuisson* des matières, pour peu que cette opération puisse apporter de trouble dans l'ordre adopté.

D'un autre côté, nos expériences nous ont démontré que la macération se fait beaucoup plus rapidement qu'on ne le pense généralement. Une moyenne de quatre à cinq heures est déjà

fort considérable, et si la matière est bien divisée, si elle subit l'action d'un premier liquide chaud, on peut arriver à l'épuisement en moins de deux heures, pourvu que les matières aillent à la rencontre de liqueurs de plus en plus faibles, ce qui est le principe fondamental du travail.

Enfin, pour conserver toute la matière albuminoïde dans les résidus et en être débarrassé à la purification des jus, il est nécessaire d'opérer la macération avec des *liqueurs tanniques*. Les liquides doivent contenir assez de tannin pour que les jus enrichis réagissent encore sur les sels de fer.

La réaction opérée par le tannin débarrasse les jus des substances albuminoïdes et de la pectine; elle *force* les principes albuminoïdes à rester dans la pulpe, ce qui augmente la valeur du résidu, en même temps que la purification des produits est rendue plus facile et plus commode. Il n'est pas nécessaire de se préoccuper de la coloration produite dans les jus par la matière tannante employée, car il résulte des faits chimiques connus et d'une série très-complète d'expériences que la chaux décolore parfaitement ces liquides et précipite très-rapidement tout l'excès du tannin.

Nous ne parlerons maintenant que d'une seule objection que l'on peut soulever contre la macération, et nous reporterons les questions de détail à l'extraction usinière du jus de betterave.

D'après une observation de Grouven, les jus de macération entraînent plus complétement les alcalis de la matière que ceux de pression. Cela n'a rien d'étonnant, puisque la macération a pour résultat d'extraire la presque totalité des matières solubles, tandis que la pression la plus énergique ne peut atteindre ce degré d'épuisement. Il n'y a pas non plus à redouter beaucoup cette circonstance, à moins que les substances saccharifères ne contiennent une quantité très-considérable d'alcalis. Nous avons vu que la transformation des sels alcalins en phosphates annihile complétement les effets des bases alcalines en les rendant tout à fait inoffensives sur le sucre, et nous ne comprenons pas ce qui empêcherait d'adopter en principe la nécessité de cette transformation dans un jus donné, quelle qu'en soit d'ailleurs la provenance.

Il est bon de remarquer aussi que l'emploi du tannin à la macération s'oppose à une aussi grande solubilité des sels alca-

lins; mais nous n'attachons à cette observation qu'une importance très-relative, et nous croyons que les alcalis provenant de matières saines, de plantes bien cultivées, ne constituent un grand danger que si on n'en prévient pas l'effet par un traitement approprié aux circonstances.

III. — PURIFICATION DU JUS.

A la suite de la plupart des procédés d'extraction du jus des plantes saccharifères, on ne peut trop se hâter de le soumettre à un traitement méthodique, dans le but d'en prévenir l'altération, à moins que, dans le travail même de l'extraction, il n'ait été pris des mesures efficaces contre la fermentation.

Ainsi, la macération à chaud, au moins vers + 90° ou + 95°, pourrait débarrasser les jus de plusieurs causes altérantes et, notamment, des matières albuminoïdes coagulables, qui passeraient ainsi à l'état insoluble et seraient facilement éliminées. Mais cette action de la chaleur peut elle-même être nuisible en transformant la pectose en pectine, et en faisant passer le principe pectique à l'état soluble, ce qui le rend susceptible d'altération en présence des bases et des acides, et peut introduire de l'acide parapectique dans les jus sucrés. D'un autre côté, les jus peuvent être acides ou alcalins, et, dans ces deux cas, il n'est pas utile de les soumettre à l'action prolongée de la chaleur.

L'action du *tannin* sur les *jus neutres* permet de les chauffer sans le moindre inconvénient et, par conséquent, de se débarrasser des matières albuminoïdes coagulables et de celles qui seraient solubles et non coagulables. Nous aurons à étudier l'action du tannin, dans ce cas, et nous verrons que, de tous les agents de purification, ce principe est le plus franchement préservateur.

Il n'est guère possible de préciser le temps qu'un jus sucré, non traité, peut rester sans altération au contact de l'air atmosphérique. Nous avons observé des faits singuliers à ce sujet, et nous ne croyons plus aux affirmations absolues. Lorsque la température ne dépasse pas + 12° à 15°, que le jus n'est pas trop riche en matières azotées ni en matières grasses, que la valeur saccharine en est assez élevée, il peut se conserver *tant bien que mal* de douze à vingt-quatre heures.

Les jus *tannés* peuvent se conserver au moins quatre ou cinq jours sans altération.

En règle générale, les moûts et les vesous ne doivent jamais *séjourner* nulle part avant d'être purifiés... il arrive que la fermentation commence quelquefois en moins d'une demi-heure !

Les ferments des graminées et de la canne, en particulier, sont très-actifs; la *température* du climat et l'*acidité* naturelle du jus aidant, ils font éprouver aux fabricants des pertes sérieuses. On ne prend pas assez garde à ces conditions générales de succès, et l'on ne sait pas assez que les jus altérés ne donnent pas seulement moins de sucre et plus de mélasse, mais encore que le produit est de moindre qualité et plus difficile à traiter. Il importe donc, pour une multitude de raisons, de ne jamais retarder la *purification* du jus.

Nous supposerons que nous avons obtenu de la matière donnée, par une méthode ou par une autre, toute la proportion de moût ou de vesou que nous pouvons en obtenir par les moyens qui sont à notre disposition; c'est là le point capital au point de vue du rendement en sucre, en supposant que les opétions ultérieures soient bien faites.

Le reste de notre tâche serait bien facile, s'il ne s'agissait plus, comme pour les *séves sucrées*, que de *concentrer* la liqueur jusqu'à une consistance donnée, pour lui laisser ensuite déposer des cristaux de sucre. Malheureusement, il n'en est pas ainsi, et notre jus contient, outre le sucre, des matières étrangères dissoutes ou suspendues dans l'eau, dont il importe de le débarrasser. Les matières hydrocarbonées, les substances pectiques, les matières azotées, les acides, les alcalis et les sels, les débris de ligneux et de cellulose doivent être éliminés avant que ces principes aient pu agir sur le sucre pour le détruire ou l'intervertir.

La règle fondamentale de la purification des jus sucrés consiste à les mettre dans un état tel qu'ils se rapprochent le plus possible de la composition de l'eau sucrée, et qu'ils ne renferment, au plus, que des substances inoffensives sur le sucre et dépourvues de toute influence nuisible sur les opérations ultérieures.

L'élimination des matières étrangères ou leur transformation est le but de la *purification* des jus, que l'on comprend à tort

sous le nom de *défécation*. Cette opération, en effet, n'est qu'une phase du travail de la purification, comme il sera facile de nous en convaincre tout à l'heure.

La purification des jus sucrés se renferme dans un double résultat à atteindre : 1° la séparation de toutes les matières insolubles en suspension et de la plupart des matières solubles autres que le sucre ; 2° la neutralisation des causes d'altération.

Nous avons parlé longuement, dans le chapitre précédent, de l'influence des substances étrangères au sucre ; nous nous contenterons donc de résumer brièvement ce qu'il importe d'avoir toujours présent à l'esprit dans la pratique de la purification des jus et des vesous.

On trouve dans les jus différentes substances :

1° De l'*eau* et du *sucre*, avec de la *dextrine* et de la *gomme*, en petite quantité, *quelquefois*, et *presque toujours*, du *glucose*, en proportion d'autant plus notable que la matière première n'a pas atteint une maturité complète, ou qu'elle a subi quelque altération secondaire...

On ne peut rien, en industrie, pour séparer la dextrine, la gomme, le glucose. Sous le rapport du travail manufacturier, on est dépourvu de moyens réels d'action, et l'on doit se borner à prendre les soins qui sont indiqués par l'origine même de ces matières.

2° Des débris de *ligneux*, de *cellulose* et de matières diverses insolubles *en suspension* dans le liquide...

Contre ces matières, il n'y a que la *séparation mécanique* ou la *filtration* qui puisse amener des résultats, surtout dans les méthodes ordinaires de traitement. La principale raison d'éliminer ces substances, par un moyen quelconque, *avant les traitements habituels*, repose sur la transformation de la pectose en pectine et en acide pectique par l'action de l'eau à chaud, ou par la même action en présence des acides ou des bases. Il serait de toute raison de *débourber* avec soin et de clarifier les jus à mesure de leur extraction, quelle que soit la méthode suivie.

3° Des *matières pectiques*... Nous avons fait voir que ces substances ne peuvent exister dans les jus qu'à la suite de l'action prolongée des causes d'altération, ou de l'ébullition des débris de cellulose, que nous venons de conseiller d'éli-

miner, au préalable, ou par suite de l'action des alcalis ou des acides... Nous savons que les jus filtrés et limpides, non altérés, ne peuvent pas contenir de *pectose* ni de *pectine,* que s'il s'y trouve de la pectine, de l'*acide pectique* ou des *pectates,* ces principes sont éliminés par la *chaux* et par le *tannin,* et que l'on ne peut rencontrer les *acides métapectique* et *parapectique,* la *métapectine* et la *parapectine* dans les jus que très-exceptionnellement et par suite de négligence inqualifiable.

4° Du *ferment* et des *matières albuminoïdes*... Nous compléterons ce que nous avons dit du ferment [1]. Ce corps et les matières albuminoïdes ne peuvent se trouver dans les jus soumis à un *traitement tannique,* à un moment quelconque des opérations, à moins que le jus ne renferme de l'*acide lactique* ou des *lactates solubles*, auquel cas, selon les observations du Dr Mulder et les nôtres, les *tannates* formés se redissolvent en partie. La chaux précipite une partie de ces matières; elle en décompose une autre portion, surtout quand il se trouve en présence des alcalis libres, mais l'ébullition redissout une portion, sinon la totalité, des composés albuminoïdes que la *chaleur* avait coagulés. La coagulation de ces matières coagulables se fait à + 65°, mais il faut que l'action soit prolongée pendant longtemps, ce qui est presque toujours impossible en sucrerie, et ce qui, d'ailleurs, conduirait à redissoudre une portion des matières coagulées d'abord et à leur faire éprouver la transformation gélatineuse...

5° Des *acides organiques*, qui, *tous*, à l'exception des acides *acétique* et *tannique,* ont la propriété de rendre le sucre incristallisable, surtout quand ils agissent à chaud; mais, *tous*, ils sont neutralisés par la chaux...

6° Des *bases végétales,* qui sont toutes précipitées à l'état insoluble par le *tannin* et forment des précipités *très-peu* solubles par l'action de la chaux; leur action est, d'ailleurs, insignifiante...

7° Des *sels minéraux*, *végétaux* ou *mixtes*. L'acide de ces sels peut former avec la chaux un sel insoluble (*sulfates*, *phosphates, citrates, tartrates*, etc.), ou un sel soluble (*malates, lactates*, *acétates, parapectates*, etc.). Dans ce dernier cas, cet acide n'est pas éliminable par des moyens pratiques, dans l'état actuel de

1. Voir les *Notes justificatives*.

l'industrie. La base peut être soluble ou insoluble. Si elle est soluble, on a affaire à la *potasse* ou à la *soude*, ou à ces deux oxydes à la fois, et il n'y a pas d'autre moyen de se soustraire à leur action destructive que de les transformer en phosphates. Si la base est insoluble, elle se précipite sous l'influence de la chaux, à moins qu'elle ne soit soluble dans les liqueurs sucrées et qu'elle ne forme un sucrate, auquel cas ce sucrate n'est décomposable que dans deux circonstances : si la base peut former un carbonate insoluble, par un courant d'acide carbonique; si cette réaction n'est pas possible, par un acide pouvant former un sel insoluble. Cette élimination est, parfois, très-difficile, et nous citerons pour exemple l'oxyde de fer. Nous avons dit que les bases végétales sont précipitables par la chaux et par le tannin surtout; un grand nombre forment des sels insolubles ou peu solubles avec divers acides ou des sels. La chaux, employée dans les réactions, est précipitée par le *tannin*, l'*acide phosphorique*, l'*acide sulfurique*, l'*acide oxalique*, l'*acide pectique*, l'*acide tartrique*, le *phosphate acide de chaux*, les *aluns*, certains *sulfates*, etc., et l'*acide carbonique*. Ce dernier agent est, à tort ou à raison, le plus employé...

8° Des *matières colorantes*... Elles sont *absorbées* par le *charbon* et surtout par le *charbon d'os*. Elles sont précipitées par tous les *oxydes gélatineux*, qui forment des *laques insolubles* avec ces matières, et les éliminent avec plus ou moins de facilité. Elles sont entraînées mécaniquement par tous les précipités chimiques que l'on fait naître dans le sein des liquides sucrés. Nous parlons ici des matières colorantes des plantes, naturelles et normales, et non pas de celles qui se forment sous l'influence de certaines réactions, comme celle, par exemple, des alcalis sur le glucose, lesquelles sont ordinairement plus tenaces et présentent une grande tendance à se reproduire, pendant tout le temps que l'agent actif de leur production n'est pas éliminé.

Toutes les substances étrangères dont nous venons de parler dans ce résumé sommaire doivent être éliminées ou transformées en produits inoffensifs dans la purification des jus.

La purification des jus sucrés comprend :

1° La purification mécanique ou la filtration;

2° La purification physique qui résulte de l'action de la chaleur;

3° La purification chimique, comprenant l'emploi de divers agents chimiques dont la propriété est de transformer en matières insolubles ou inoffensives les substances que l'on veut éliminer des jus, et l'emploi secondaire d'autres agents destinés à se débarrasser de l'excès des précédents;

4° La décoloration.

Nous allons étudier ces divers objets avec une attention scrupuleuse, sans nous préoccuper actuellement des prétentions des systèmes préconisés.

Purification mécanique. — A notre sens, l'attention d'un fabricant soigneux doit se porter, aussitôt après l'extraction du jus, sur l'élimination des matières insolubles suspendues.

Dans l'extraction du jus par les presses, par les turbines ou par la macération, il est certain que si l'extraction n'a pas été accompagnée d'un traitement simultané au tannin, les matières suspendues peuvent s'altérer par l'élévation de la température. Dans tous les cas, elles augmentent inutilement le volume des écumes, consomment, le plus souvent, une quantité notable des réactifs employés ultérieurement et sont un objet de gêne dans le travail.

La question ne repose que sur le mode de filtration à employer. Sans vouloir anticiper ici sur ce que nous aurons à exposer plus loin sur la filtration des jus et sirops, nous dirons que la *filtration de haut en bas*, comme on la pratique le plus souvent, est impossible pour ces matières, ordinairement très-ténues, et qu'il convient d'adopter la *filtration de bas en haut* ou mieux encore la *filtration latérale*. Nous en donnerons les raisons et nous nous contenterons d'éveiller l'attention du lecteur sur ce point et sur l'utilité que l'on trouverait, en pratique, dans la purification mécanique des jus, avant tout autre traitement, à la suite de l'extraction. Cette purification ne présente aucune difficulté avec les *jus tannés*, et elle ne peut offrir quelque obstacle que dans l'extraction ordinaire, lorsque la présence des *colloïdes* et des matières albuminoïdes tend à donner une certaine viscosité au liquide. Or, en prenant pour exemple le jus sorti des presses, rien n'empêche d'y ajouter, *même à froid*, aussitôt après l'extraction, assez de tannin pour que les sels de fer noircissent un peu par la réaction de la liqueur. La réaction est meilleure à chaud, entre $+40°$ et $+50°$.

Ces jus, ainsi traités, seraient débarrassés aussitôt des matières albuminoïdes, de la pectine, s'il en existait, et le liquide, envoyé dans un filtre latéral, ou un débourbeur, passe avec une extrême rapidité, en se dépouillant instantanément de tout ce qui en altérait la limpidité.

Les jus de macération devraient également être filtrés, et ils doivent recevoir une addition d'infusion tannante avant la filtration, s'ils n'ont pas été traités par le tannin pendant la macération même, ce qui est toujours préférable.

La purification mécanique s'emploie encore, même dans la pratique ordinaire, toutes les fois que l'on veut donner de la limpidité aux portions troubles d'un jus qui vient de subir une opération quelconque. Nous verrons, en suivant les opérations, comment cette filtration mécanique est pratiquée sous le nom de *débourbage*.

La filtration que nous conseillons au début de tout le travail de purification n'est encore pratiquée nulle part, mais il suffit d'un instant de réflexion pour en comprendre l'opportunité.

Purification physique. — Si les jus ont été traités par le tannin, soit pendant, soit après l'extraction, que cette extraction ait été faite par râpage et pression ou turbinage, par écrasement ou par macération, il est clair que les matières albuminoïdes solubles, coagulables ou non, ont disparu sous forme de composés insolubles ou de combinaisons tanniques. Dans ce cas, une partie de la purification chimique a coïncidé avec l'extraction, l'a accompagnée ou suivie, et l'action de la chaleur n'a plus à intervenir pour coaguler des matières qui ont disparu et qui ont dû être éliminées mécaniquement.

Si le jus extrait dans les conditions ordinaires, non additionné de tannin, filtré ou non, est envoyé à la purification dans l'état où il se trouve, faisant abstraction des matières en suspension dont il a été question, nous disons que ce jus contient des matières albuminoïdes coagulables dont il faut le dépouiller par la chaleur. Sans doute, la pratique que nous venons d'indiquer tout à l'heure serait préférable, mais nous nous supposons en pleine méthode ordinaire, et nous constatons d'abord ce qui se fait.

Méthode ordinaire. — Le jus est porté graduellement vers

+80 à +90° de température. Les matières albuminoïdes coagulables ont commencé à prendre la forme insoluble vers +65°, et les dépôts ou les écumes qui en résultent se forment vers +75°. On comprend, du reste, que l'albumine, en se coagulant, rassemble et entraîne, comme dans un réseau, les matières étrangères ténues qui sont en suspension dans la liqueur et qu'il y ait, de ce fait, une sorte de *clarification*, qui complète, sous un rapport, l'effet produit par la chaleur seule.

L'action de la chaleur sur l'albumine, l'entraînement des matières insolubles suspendues, la formation d'*écumes* provenant de l'albumine coagulée, de *dépôts* résultant de la combinaison de ce principe avec quelques autres corps, mais surtout de l'*enrobage,* ou *pralinage,* des matières en suspension, la commodité d'obtenir ces effets tout en portant le liquide à une température que l'on croit nécessaire; voilà quels sont les *résultats apparents* de la purification physique, au moins dans les conditions où on la pratique.

Observations. — Il faut avouer que rien n'est moins rationnel. Il n'y a, dans cette marche, absolument aucune garantie pour l'élimination des matières albuminoïdes différentes de l'albumine, rien qui garantisse contre la présence de la légumine, de la caséine, de la fibrine, du gluten, de la gélatine. Or, l'action de l'eau chaude dissout plus ou moins des principes azotés peu solubles ou insolubles en leur faisant prendre une forme soluble; le fait est constaté. Cette solubilité se manifeste davantage encore en présence du sucre, des sels, des acides, des alcalis. D'autre part, l'albumine se coagule entre +65° et +75°, cela est vrai; mais c'est à la condition rigoureuse que le contact dure assez longtemps, ce qui est impossible en sucrerie. On ne peut suppléer au temps que par une exaltation de la température, qu'il convient alors de porter vers +90° ou +95°, afin de compenser la brièveté du temps de l'opération; mais alors, et par cela même, on s'expose à dissoudre une proportion plus forte des matières azotées insolubles, à former plus de *gélatine* aux dépens de ces matières, surtout s'il préexiste quelque acide, dû à une altération quelconque, ou provenant de la plante même non altérée.

Faisons encore remarquer, par anticipation, que l'albumine

se combine à un très-grand nombre de bases, aux alcalis et même aux oxydes de fer et de cuivre, que ces combinaisons sont solubles, et qu'il peut très-bien se faire qu'elles échappent à l'action de la chaux ou des autres réactifs à employer ensuite. Ne serait-il donc pas plus rationnel, plus pratique et surtout plus utile pour la suite du travail, d'éliminer absolument les matières albuminoïdes avant toute autre chose, et de garantir ainsi la sécurité du travail de purification? Nos expériences multipliées sur ce point ne nous permettent plus le moindre doute, et voici comment nous voudrions procéder dans cette première partie de la purification des jus.

Méthode rationnelle. — Le mieux serait d'ajouter à la râpe ou à la macération, assez de tannin pour rendre insolubles toutes les substances azotées, et les forcer ainsi à demeurer dans les résidus. Le jus serait clarifié par une filtration mécanique avant d'être envoyé à la chaudière...

Admettons cependant que l'on ne puisse pas ou qu'on ne veuille pas procéder ainsi. Le jus obtenu par la pression ou autrement est envoyé tel quel dans une chaudière dite de défécation (fig. 17), d'une des formes adoptées en sucrerie. Pendant

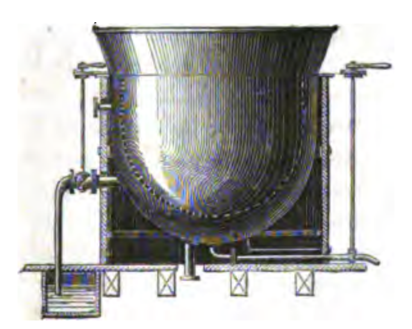


Fig. 17.

que le jus arrive dans la chaudière, on commence à chauffer par une introduction très-modérée de vapeur dans la double enveloppe, puis, lorsque le vase est rempli jusqu'à la ligne de travail, on continue à chauffer plus rapidement. Quand la masse indique une température de $+40^{\circ}$ à $+45^{\circ}$, on y verse, en agitant avec un *râble*, une infusion d'une écorce tannante

quelconque, *non vénéneuse,* telle que l'écorce de chêne, de pin, de bouleau, de châtaignier, etc., de manière à avoir un léger excès de tannin dans la liqueur. Cet excès de tannin se reconnaît aisément lorsque l'on fait tomber une goutte du liquide sur un peu de papier préparé au pernitrate de fer, lequel donne une coloration noirâtre par un excès de tannin. On continue à chauffer alors jusqu'au premier bouillon et on laisse reposer pendant quelques minutes. *Toute la matière albuminoïde* et la *pectine*, combinées au tannin, se précipitent avec une grande rapidité, et la liqueur se clarifie très-bien et devient très-limpide, si l'on agit sur des matières sucrées qui n'ont pas éprouvé de fermentation lactique, visqueuse, ou mannitique. Dans ce cas seulement, il reste un peu de louche qui disparaît totalement à l'opération suivante. La liqueur claire, ou à peu près claire, est décantée par le robinet destiné à cette fonction et envoyée dans une seconde chaudière semblable à la précédente. La portion du fond, qui renferme le dépôt de la combinaison tannique, est dirigée par un robinet de vidange vers un *débourbeur*, ou vers un *filtre-presse*, afin d'en extraire le liquide qui est joint au premier, et le résidu pressé, renfermant *toute la matière azotée du jus*, est employé à la préparation des engrais.

Objection. — On peut faire à ceci une objection dont nous ne nous dissimulons pas la portée. Les routiniers peuvent dire que, faisant tout leur travail dans le même vase, ils ont une opération, un transvasement de liquide et une pression de résidus en moins. Nous en convenons très-volontiers; mais nous répondons à cela qu'il vaut cent fois mieux faire une opération, un transvasement et une pression de plus que de faire un mauvais travail, que d'être poursuivi pendant toutes les périodes de la fabrication par la présence des matières azotées et qu'il faut les éliminer à tout prix. D'ailleurs, on peut très-bien affaiblir la valeur du reproche en faisant arriver le jus, à mesure de l'extraction, dans un simple bac en bois ou en métal, muni d'un serpentin, en opérant le *tannage* du jus dans ce bac et envoyant ensuite le liquide dans la chaudière à défécation. L'objection disparaît en entier quand on a pratiqué l'addition de matière tannante à la râpe ou à la macération.

Purification chimique. — Cette phase de la purifi-

cation des jus sucrés comprend l'emploi des agents chimiques qui peuvent précipiter les matières étrangères ou transformer les corps nuisibles en composés inoffensifs.

Avant de suivre la marche de nos opérations, nous rappelons brièvement quelques généralités au sujet des agents qui ont été conseillés ou employés.

Les principaux de ces agents sont les *acides* et, notamment, le *sulfurique* à froid, les *chlorures d'oxydes*, l'*acide oxalique*, l'*acide sulfureux* et les *sulfites*, l'*alcool*, l'*acétate de plomb*, la *baryte*, la *strontiane*, les *aluns*, le *sulfate d'alumine*, le *sulfate de zinc*, le *sulfate de fer*, le *plâtre*, le *peroxyde de fer hydraté*, le *tannin*, la *chaux*, etc.

Les *acides minéraux*, à la dose de 2 1/2 à 3 p. 100 du sucre arrêtent la fermentation. L'*acide sulfurique* serait peut-être un bon agent de purification, *sous certains rapports*, si l'emploi n'en était pas aussi difficile, et s'il n'exposait pas à transformer une partie du sucre en glucose. Il change, d'ailleurs, la plupart des sels à acides organiques et nombre de sels minéraux en sulfates solubles qui restent dans les liqueurs et augmentent l'impureté des produits. Ajoutons que, par son action, en supposant, *très-gratuitement*, qu'elle puisse être réglée d'une manière nette, les acides des sels décomposés sont mis en liberté et qu'ils réagissent sur le sucre. Nous ferons observer que la dose à laquelle l'acide sulfurique peut agir comme *déféquant*, c'est-à-dire précipiter une portion des matières étrangères, des matières azotées surtout, est trop élevée pour qu'il ne se produise pas de modification du sucre, et nous ne pouvons comprendre l'emploi de cet agent dans les conditions pratiques de la fabrication et en dehors des essais de laboratoire.

Les *chlorures d'oxydes* paralysent l'action du ferment, mais ceux de potasse et de soude introduisent l'élément alcalin dans les jus; tous y font entrer le *chlore* et donnent naissance à des chlorures déliquescents, par suite des réactions qui ont lieu dans la liqueur. Ces agents exigent un temps assez considérable pour que l'effet utile soit produit, et il reste dans les liquides une odeur et une saveur désagréable de produits chlorés, difficiles à détruire. Nous avons constaté que l'acide hypochloreux, en devenant libre, attaque et détruit du sucre en proportion notable.

L'*acide oxalique* ne précipite pas le ferment, mais il en arrête et en suspend l'action. *Il est vénéneux*.

L'*acide sulfureux*, les *sulfites* et les *sulfures* arrêtent *momentanément* la fermentation, mais ils agissent sur le sucre, en détruisent une partie, augmentent la quantité des mélasses et donnent une saveur désagréable aux produits.

L'*alcool* s'oppose à toute fermentation lorsqu'il est employé en proportion convenable. Ainsi, un liquide renfermant de 20 à 25 p. 100 d'alcool ne fermente plus alcooliquement, mais la décomposition putride peut avoir lieu dans nombre de circonstances, lorsque la quantité relative n'en est pas plus considérable. L'alcool précipite nombre de matières organiques et de sels minéraux; mais, pour qu'un effet complet soit produit, il devrait être employé dans la proportion de 50 à 60 p. 100 de la masse, ce qui est inadmissible. En somme, cet agent ne peut être utilisé en sucrerie, au moins pour la période qui nous occupe. Nous aurons à revenir sur la possibilité de son emploi.

L'*acétate de plomb* précipite entièrement le ferment, les matières azotées et la plupart des acides et des bases organiques, ainsi que plusieurs acides et oxydes minéraux. Il reste des acétates et de l'acide acétique libre dans la liqueur. Bien que les acétates favorisent l'altération visqueuse des produits secondaires, cet agent serait peut-être le meilleur de tous, si l'on avait le moyen d'éliminer le plomb d'une *manière absolue et économique*.

Les jus restent longtemps inaltérés à la température ordinaire, mais il reste dans la liqueur des sels de plomb et de l'oxyde dissous à la faveur du sucre. Ce moyen ne paraît pas devoir jamais être d'une application avantageuse.

La *baryte* et la *strontiane* précipitent les ferments et une partie des matières albumineuses, mais elles mettent la presque totalité des alcalis en liberté et elles sont très-vénéneuses, en dehors de leur propriété de se combiner au sucre.

Les *aluns*, le *sulfate d'alumine*, le *sulfate de zinc*, le *sulfate de fer*, le *sulfate de manganèse* précipitent les ferments dans les liqueurs alcalines qu'ils clarifient; mais ces corps introduisent l'élément sulfurique qui se combine aux bases, et les trois derniers donnent lieu à la formation de sucrates solubles, ou laissent leur oxyde dissous en partie dans le sucre.

Le *sulfate de chaux*, ou le *plâtre*, a été conseillé par Braconnot comme agent de purification. Malgré les efforts de M. Rousseau, cet agent n'a pas été admis par la pratique. Il précipite bien quelques matières étrangères au sucre, mais il forme des sulfates dans les jus; il est assez soluble pour être une cause d'ennui à la concentration et il a une grande tendance à se combiner à d'autres sulfates, ce qui amène la production d'incrustations et de dépôts sur les parois des vases.

Il est bien inutile de s'arrêter au *peroxyde de fer hydraté*, conseillé par M. E. Rousseau, comme agent purificateur et comme éliminateur du plâtre. Cette dernière réaction est imaginaire et, quant au reste, si le peroxyde de fer décolore et clarifie les jus, ce qui est vrai, il n'a que très-peu d'action chimique sur la plupart des corps qu'il s'agirait de décomposer ou d'éliminer; il produit, en outre, des résidus très-volumineux, d'une pression difficile et qui se précipitent avec une extrême lenteur. Cette idée bizarre a été à peine essayée et elle est déjà presque oubliée.

En laissant de côté tous les corps dont nous venons de dire quelques mots, uniquement pour ordre, nous restons en présence du tannin et de la chaux comme agents de purification, et il est nécessaire d'examiner l'action de ces deux corps avant de reprendre l'étude de l'opération qui nous intéresse.

Le *tannin*, ou acide tannique, se rencontre dans un nombre considérable de végétaux. Sans parler de la *noix de galle*, dont on extrait l'acide gallotannique ou le tannin ordinaire des droguistes, on trouve en abondance du tannin dans tous les *astringents* [1]. Nous préférons, en Europe, l'infusion d'écorce de jeune chêne, de châtaignier, ou de pin maritime, à raison de l'abondance et du bon marché de ces matières premières. Le tannin forme des combinaisons insolubles avec presque toutes les matières azotées, avec la fécule et la pectine, avec la presque totalité des bases végétales; il précipite la plupart des oxydes métalliques et ne forme des sels solubles qu'avec les alcalis et l'ammoniaque. Le tannin n'agit pas sur le sucre, en ce sens qu'il ne le change pas en sucre cristallisable. On peut donc, sans crainte, se servir de ce corps pour éliminer les substances azotées, les principes pectiques et beaucoup d'autres matières

1. Consulter la *Note* spéciale à la fin du volume.

étrangères au sucre et, à la condition de commencer la purification par le tannage des jus, on est certain de ne laisser, dans ces liquides, que le minimum des substances différentes du principe à extraire. Si, en effet, après le tannage, les jus ou vesous contiennent un faible excès de tannin et des tannates solubles, on est sûr d'avoir éliminé les matières albuminoïdes qui forment le principal inconvénient qu'on rencontre dans la fabrication. Or, ce qui reste de tannin est précipitable par la chaux, les tannates solubles sont décomposables par le même réactif et le tannate de chaux est insoluble. Il s'ensuit que, par l'emploi d'une petite proportion de chaux, après celui du tannin, on n'a plus à craindre que ce corps subsiste dans les jus. On ne peut donc objecter la saveur astringente des produits, puisque le principe astringent employé disparaît avec la plus grande facilité.

Un autre objet digne d'attention, c'est que l'emploi du tannin permet de n'introduire dans les jus que des proportions très-faibles de chaux.

La *chaux* neutralise les acides des jus, précipite le tannin, rend insoluble une portion des matières azotées, précipite plusieurs bases, tout en formant des sels insolubles avec un grand nombre d'acides. Elle n'agit sur le sucre qu'après un temps assez long, en sorte qu'elle complète parfaitement l'action préparatoire du tannin. Le seul inconvénient de la chaux consiste en ce qu'elle met en liberté les bases alcalines en décomposant leurs sels, excepté le sulfate, mais tous les oxydes terreux en feraient autant et nul ne serait aussi abondant et aussi économique. Nous verrons, d'ailleurs, comment il sera possible d'annihiler les pernicieux effets des alcalis par leur combinaison avec l'acide phosphorique, la seule qui soit d'une entière innocuité, et nous revenons à notre étude principale.

Quelle que soit la marche suivie, que l'on ait introduit du tannin dans les jus lors de l'extraction ou par une opération spéciale, ou bien, que l'on ait suivi les procédés de la méthode vulgaire, et qu'on se soit contenté de chauffer les jus pour coaguler l'albumine, l'opération se continue par le *chaulage du jus*. Après ce chaulage, on procède à l'élimination de l'excès de chaux ou à la *saturation* de la chaux, qui emporte également la saturation des alcalis libres. C'est à ce point que s'arrête la purification des procédés habituels, auxquels on se borne à

ajouter un travail de *décoloration* pour en finir et se croire parfaitement en sûreté contre les accidents. Après ces manœuvres, on accuse tout le monde et, même, le cuivre ou la tôle des chaudières, plutôt que de supposer un instant une faute personnelle. Nous allons voir qu'il faut retrancher énormément de cette complaisante indulgence que les fabricants se portent à eux-mêmes.

Méthode ordinaire de purification chimique des jus. — La purification chimique des jus comprend le *chaulage* des liquides sucrés ou la *défécation*, et l'élimination de la chaux en excès, ou la *saturation*. Nous scinderons cette dernière fraction de l'opération pour nous en occuper à part, avec d'autant plus de raison qu'elle peut se faire partout, que, partout, elle est applicable, aussi bien dans une méthode que dans l'autre.

Chaulage des jus. — D'après ce qui précède, il est facile de voir que, de tous les agents proposés jusqu'à ce jour, à l'exception du tannin, la chaux est préférable en tout sens pour la purification chimique des liquides sucrés, et c'est encore elle qui est aujourd'hui employée à peu près partout. Outre les effets chimiques signalés plus haut, cette base rend encore les écumes plus fermes et contribue à leur séparation, selon l'opinion de M. Thénard, et la fabrication vulgaire n'a pas même songé à employer d'autres agents auxiliaires. Voici la manière générale d'opérer.

Lorsque les jus ont été portés, dans la chaudière à défécation (fig. 17), à la température de + 80° à + 85°, pour obtenir ainsi la coagulation de l'albumine, on introduit, dans le jus, la *chaux en lait*, dans une proportion prévue, et l'on agite de manière à opérer un mélange exact avec le râble. On laisse alors en repos, tout en continuant à faire chauffer jusqu'au premier bouillon. On arrête ensuite l'action du calorique et on laisse reposer. La masse se trouve ainsi partagée en trois couches : une inférieure, formée par les dépôts des matières insolubles plus denses ; la moyenne, qui est du liquide plus ou moins clair et limpide, et la supérieure, formée par les écumes.

Après un quart-d'heure d'attente, les trois couches sont assez bien séparées pour que l'on puisse soutirer le jus clair et l'envoyer à une opération suivante. Les écumes rejoignent le dé-

pôt, en s'abaissant par le soutirage, et cette masse demi-fluide est dirigée vers un appareil de pression, pour que le liquide, isolé des résidus, retourne se joindre à la masse dont il provient et que les déchets *épuisés* disparaissent de la fabrication.

La *défécation* des jus, ou le chaulage des liquides sucrés, consiste essentiellement dans ce que nous venons de dire; mais cette opération donne lieu à diverses questions relatives au dosage de la chaux, à la température de l'opération et à l'action produite par cette matière dans les jus sucrés : nous en disons quelques mots, dès maintenant, en ce qui concerne la méthode ordinaire que nous venons de décrire.

Dosage de la chaux. — Il n'est pas possible de tracer sur ce sujet aucune règle fixe; les végétaux sucrés diffèrent complétement dans leur composition générale, selon les années, les sols, la culture, etc. Telle plante n'aura pas bien mûri, telle partie de la matière aura subi un commencement de fermentation, une fumure trop forte aura augmenté la proportion des matières albumineuses, la nature spéciale de tel sol aura exagéré la quantité des sels; enfin, il peut surgir un nombre infini de circonstances qui ne permettent pas de regarder la chaux comme susceptible d'un dosage invariable.

On emploie généralement, dans la fabrication européenne, depuis 3 jusqu'à 6, 8, 10, ou même 20 grammes par litre de jus. La plus forte proportion répond à l'époque la plus avancée de la campagne, où les matières ont déjà subi certaines altérations organiques qui changent les rapports de leurs principes constituants.

Voici la marche à suivre si l'on veut procéder à coup sûr, dans la fabrication indigène comme dans celle du sucre exotique.

On prend un litre du moût à traiter et on le porte à la température moyenne de + 75° environ. On a pesé d'avance quelques grammes de chaux hydratée pulvérulente, que l'on a divisée en fractions d'un demi-gramme. On délaye une fraction dans l'eau à l'aide d'un petit mortier, et l'on verse un premier demi-gramme dans le moût en agitant; on laisse reposer et l'on décante le liquide clair, à moins qu'on ne préfère le passer au travers d'une toile, ce qui est plus rapide. On verse un autre

demi-gramme de chaux en lait dans la liqueur; on passe de nouveau et l'on continue ainsi, jusqu'à ce qu'une dernière dose ne précipite plus de *matières floconneuses*. On obtient ainsi la proportion de chaux qui doit produire un effet utile et, dans la pratique, on la dépasse un peu pour être certain de l'effet à obtenir.

Une défécation, faite avec une dose convenable de chaux, sera toujours suivie, relativement, de bons résultats. On est obligé de répéter cet essai plusieurs fois dans le cours d'une campagne, afin de se rendre compte des opérations et de savoir s'il convient d'augmenter ou de diminuer la proportion de chaux.

Quelques chimistes ont conseillé de s'en rapporter aux indications des *papiers réactifs*[1] et, notamment, à celle du papier de tournesol rougi, qui repasse au bleu par les alcalis et les terres alcalines. Cette méthode n'est pas aussi certaine qu'on le pense pour le travail d'une fabrique, et elle ne peut donner que des aperçus, sans qu'on doive la prendre pour guide dans un dosage. La faible quantité de chaux en excès suffisante pour bleuir le papier de tournesol n'indique rien, et l'on ne sait pas si l'on a dépassé de très-peu ou de beaucoup les limites convenables. Il vaut donc mieux, dans tous les cas, faire un essai préalable et ne s'en rapporter ensuite aux réactifs que dans les opérations courantes.

Il y a encore, d'ailleurs, une raison fort grave pour préférer le dosage empirique aux indications du papier; c'est que celui-ci peut très-bien accuser un excès de chaux lorsque, au contraire, on n'en a pas employé assez pour une bonne défécation. Aussitôt que les acides sont saturés par la chaux, celle-ci agit sur le sucre, *en même temps* que sur les matières à précipiter et, comme le sucrate de chaux qui se forme a une réaction très-alcaline, le papier de tournesol peut bleuir bien avant que la chaux ait atteint tout ce qu'elle doit éliminer. Ceci mérite une attention sérieuse de la part du fabricant, et c'est à cette raison que l'on doit attribuer nombre d'insuccès dans les cuites, parce qu'on n'a pas fait disparaître la totalité des matières étrangères que la chaux peut faire disparaître.

Il ne faut jamais employer la chaux à l'état pulvérulent, parce

1. Voir les *Notes complémentaires*, à la fin du volume.

que, d'un côté, elle ne peut avoir toute son action, une partie se précipitant au fond des appareils et restant enveloppée d'un magma mucilagineux; et, de l'autre, parce que les chaudières en éprouveraient une détérioration rapide. La chaux vive est éteinte avec de l'eau, puis amenée en consistance de lait épais, que l'on passe à travers un tamis. C'est ce lait que l'on verse dans les chaudières en agitant avec un râble.

Le lait de chaux, agité et pesé à l'aréomètre pendant que la chaux est en suspension, donne les indications approximatives suivantes :

1 litre de lait de chaux à	1° Baumé, égale	10 gr. de chaux hydratée sèche.		
—	2°	—	20	—
—	3°	—	30	—
—	4°	—	40	—
—	5°	—	50	—

et ainsi de suite, chaque degré de l'aréomètre représentant environ 10 grammes de chaux sèche. Il est clair, d'ailleurs, qu'il n'y a là qu'une appréciation plus ou moins approchée, et qu'il est préférable, dans tous les cas, de peser la *chaux vive* nécessaire pour chaque opération et de l'éteindre ensuite avant de la réduire en lait pour s'en servir.

Température des jus au chaulage. — Cette question a été fort controversée. Quelques personnes parlent du chaulage à froid. En général le lait de chaux s'introduit dans les liquides lorsqu'ils sont arrivés à + 85° de température. Nous préférons celle de + 90° à + 95° pour différentes raisons. L'action nuisible de la chaux et des alcalis s'exerce moins longtemps entre l'introduction de la chaux et le premier bouillon; les défécations se font d'une manière plus nette et, dans la méthode habituelle, l'albumine s'est mieux coagulée et plus complétement.

Action principale de la chaux sur les jus. — Nous avons déjà dit en quoi consiste l'action de la chaux sur les jus sucrés; aussi ne voulons-nous insister que sur un seul point, qui nous paraît d'une grande importance. Lorsque l'on introduit de la chaux dans un jus quelconque, tous les sels alcalins à acides organiques sont décomposés et les alcalis deviennent libres dans les liqueurs. Ils passent aussitôt à l'état de sucrates alca-

lins. S'il y a du glucose dans les jus, ce sucre est attaqué par les alcalis, et il se produit une coloration brune rougeâtre très-persistante et plus ou moins intense selon la proportion de glucose en présence. La chaux n'est plus rien dans cet effet dont la rapidité est beaucoup plus grande que celle des altérations dues à ce corps. Il ne faut donc pas s'y méprendre et il convient de ne voir dans cette coloration que ce qu'elle démontre en réalité, savoir, l'altération de la matière première ou du jus, et la présence du glucose, qui est caractérisée par la coloration due à l'action des alcalis à chaud. Cette coloration est proportionnelle à la quantité du glucose, à celle des alcalis et à la durée du contact à chaud. Il s'ensuit qu'il faut éviter, dans le cas d'altération de ce genre, un séjour trop prolongé des liquides dans les chaudières et les bacs, avant la saturation de la chaux et la transformation des alcalis [1].

Méthode rationnelle de purification chimique des jus. — Lorsque les jus ont été soumis à l'action du tannin pendant ou après l'extraction, et qu'ils ont été débourbés avant le chaulage, on comprend que la purification chimique a commencé à se faire en même temps, et que l'action de la chaleur n'a plus à s'exercer sur l'albumine coagulable, puisqu'elle a été éliminée. Le chauffage de ces jus ne produit donc pas d'écumes, ou n'en produit que des quantités insignifiantes. D'autre part, comme le chauffage n'a pour but immédiat que la coagulation de l'albumine et la formation des écumes, ce but a cessé d'exister et le chauffage n'a plus d'autre raison d'être que la nécessité de procéder méthodiquement vers la vaporisation ultérieure, et de favoriser les réactions qui doivent encore intervenir. Lorsque le tannage a été exécuté à la chaudière, comme nous l'avons dit (page 127), les jus clairs, décantés, arrivent à la chaudière à défécation vers + 75° de température.

On peut faire aussitôt le chaulage et porter rapidement au premier bouillon, dans le but de donner de la densité aux dépôts. Il ne sera pas nécessaire de porter plus haut la tempéra-

1. Cette recommandation est loin d'être puérile. Nous avons vu, chez un fabricant, réunir les *jus rouges* dans des bacs et y ajouter encore de la chaux, en attendant qu'ils fussent envoyés à la saturation. Comme on le pense bien, les liquides ne faisaient que se colorer davantage; la perte en sucre était proportionnelle.

ture des jus tannés à la macération ou à la râpe et filtrés, avant d'y introduire la chaux.

La proportion de chaux à employer est de beaucoup diminuée. En effet, on n'a plus qu'à précipiter l'excès de tannin et à réagir sur quelques composés dont la proportion totale est très-faible dans les jus, puisque les matières azotées et la pectine n'y existent plus, et que le tannin a fait disparaître à l'état insoluble la plupart des autres matières étrangères. Il ne s'agit plus que de quelques millièmes et, en faisant, sur un litre de la liqueur, l'essai préalable que nous avons conseillé (page 130), on déterminera la proportion de chaux utile, qu'il n'est jamais nécessaire de dépasser. Sous l'action d'un faible chaulage à + 75° de température, tout l'excès de tannin disparaît, la liqueur se décolore et se clarifie par un instant de bouillon, et le reste des matières étrangères se sépare, en formant un dépôt très-peu considérable d'ailleurs.

Comme dans la méthode ordinaire, les alcalis sont mis en liberté et il reste dans les jus un excès de chaux, moindre, il est vrai, mais avec lequel il faut compter. Cette portion de la méthode se résume donc en un faible chaulage à + 75°, suivi d'un premier bouillon, d'un repos d'une dizaine de minutes et de la décantation qui fournit une liqueur alcaline, bien purifiée de toutes les autres substances différentes du sucre.

Élimination de la chaux en excès. — Saturation des bases. — Nous écrivions, dans la première édition de cet ouvrage :

« L'influence d'un excès de chaux sur le sucre est parfaitement constatée; le sucre prismatique se change en partie en glucose sous l'influence du calorique; il se forme des acides bruns qui se combinent à la chaux et colorent fortement les sirops. Ces composés sont, en outre, fort souvent accompagnés de divers sucrates acides ou basiques, déliquescents pour la plupart, qui augmentent la quantité des mélasses et nuisent à la cristallisation.

« D'un autre côté, on a cru remarquer que la présence d'une *légère* alcalinité due à la chaux favorise la cuite et la cristallisation des sirops, et que des liqueurs tout à fait neutres ne se comportent pas tout à fait aussi bien. Il importerait donc, si l'on avait employé un excès de chaux, de n'en éliminer que la

quantité nuisible et d'en laisser subsister assez pour donner au jus une très-faible alcalinité. »

Nous ajoutions encore : « Cette question nous paraît avoir encore besoin d'être vérifiée par une étude pratique suivie, avant que l'on puisse se prononcer à cet égard. »

En ce qui concerne la nécessité prétendue de l'alcalinité des sirops, nous dirons simplement que c'est là une des plus grandes erreurs que l'on puisse soutenir en matière de sucrerie. Autant vaudrait dire que le raffineur ne peut faire cristalliser convenablement que des sirops contenant de la chaux. La cause de cette erreur est facile à saisir. Lorsque les fabricants n'ont pas éliminé les matières azotées (ou même les matières pectiques) de leurs jus, ces substances passent à l'état gélatineux dans la suite des opérations, et elles deviennent un obstacle à la cristallisation, lorsque la présence des alcalis ne les maintient pas dans un état convenable de fluidité. Si, au contraire, ces matières ont disparu par un traitement intelligent, les sirops cristallisent d'autant mieux et d'autant plus abondamment, les cristaux sont d'autant plus purs que les jus ont été rendus plus neutres, qu'ils ont été mieux débarrassés de tous les sucrates. Ceci ne nous semble pas avoir besoin d'une plus longue démonstration. D'ailleurs, les faits sont là comme preuve définitive.

Nous avons déjà dit un mot de cela; tout à l'heure nous compléterons cette idée en répondant à la seule raison plausible qui ait été donnée en faveur de l'alcalinité des jus.

Saturation de la chaux et des alcalis. — On a proposé et employé, pour éliminer la chaux en excès : l'*acide sulfurique*, l'*alun de potasse*, l'*alun d'ammoniaque*, les *sulfates d'ammoniaque*, *d'alumine*, *de magnésie*, *de zinc*, *de fer*, *de manganèse*, les *carbonates d'ammoniaque* et *de soude*, le *carbonate acide de chaux*, l'*acide oxalique*, l'*oxalate d'ammoniaque* et celui *d'alumine*, l'*acétate* de cette dernière base, le *bisulfite de chaux*, l'*acide borique*, le *savon*, les *acides gras*, la *caséine*, l'*acide phosphorique*, le *phosphate acide de chaux*, le *phosphate d'alumine*, le *phosphate d'ammoniaque*, etc. ; enfin, l'*acide carbonique*, qui clôt à peu près cette longue liste de ces corps, bien qu'il soit un des premiers par ordre de date et qu'on l'emploie aujourd'hui en pratique courante.

Plusieurs de ces agents ont été indiqués pour saturer ou transformer les alcalis libres ou engagés avec le sucre sous forme de sucrates. Il faut encore y joindre l'*acide chlorhydrique*, le *chlorhydrate d'ammoniaque*, les *chlorures de calcium*, *d'aluminium*, *de manganèse*, l'*acide hydrofluosilicique*...

Avant de retracer les procédés habituels par lesquels on cherche à éliminer la chaux et les alcalis, ou à transformer ces derniers, nous croyons devoir donner quelques indications sommaires sur l'action de ces corps, afin que le lecteur puisse apprécier, dans une sorte d'ensemble, ce qui peut être utilisé dans tout ce bagage.

Nous réunissons, dans cet aperçu rapide, les faits chimiques relatifs à la saturation de la chaux et à l'action sur les alcalis, produits par les agents indiqués, et nous faisons remarquer, d'abord, que nous avons, au moins, dans les jus déféqués : de l'*eau*, du *sucre*, du *glucose*, souvent, sinon presque toujours; du *sucrate de chaux*, de la *chaux libre* (peut-être), des *sucrates alcalins* (*de potasse* et *de soude*), du *sucrate d'ammoniaque* et de l'*ammoniaque libre;* des *matières diverses* et des *sels*, dont nous ne nous occupons que pour mémoire, les principes que nous venons d'exposer ayant seuls de l'importance réelle au point de vue qui nous intéresse présentement.

1° L'*acide sulfurique* forme des *sulfates de chaux*, *de potasse*, *de soude*, *d'ammoniaque*. En supposant que l'acide soit très-étendu, qu'il soit employé avec précaution, à la *dose précise* qui convient, pour ne pas altérer le sucre, on ne doit pas moins le considérer comme un agent pernicieux, en raison du danger qu'il présente et de l'augmentation des sels qu'il détermine.

2° L'*alun de potasse* est décomposé par le sucrate de chaux, la chaux et les sucrates alcalins; il se forme des *sulfates de chaux*, *de potasse*, *de soude* et *d'ammoniaque;* l'*alumine* est mise en liberté et elle agit comme décolorant. Il se forme du sucrate d'ammoniaque. Cet agent ne présente pas les dangers de l'acide sulfurique, mais il produit encore une plus grande augmentation des sels inorganiques.

3° L'*alun d'ammoniaque* produit la même réaction. Il vaut mieux que le précédent, parce qu'il n'introduit pas de sulfate de potasse dans la liqueur, sinon celui qui résulte de son action sur la potasse libre.

4° Le *sulfate d'ammoniaque* change la chaux et les bases des

sucrates en sulfates; il se dégage de l'ammoniaque. Même observation que pour l'alun d'ammoniaque, mais il est moins décolorant.

5° Le *sulfate d'alumine* forme des *sulfates de chaux*, *de potasse*, *de soude*, *d'ammoniaque*, etc. Il en résulte la mise en liberté de l'alumine, une grande décoloration de la liqueur, mais l'introduction de l'acide sulfurique dans les jus.

6° Le *sulfate de magnésie* agit exactement comme le précédent; la magnésie décolore moins que l'alumine et, de plus, il reste de la magnésie dissoute à la faveur du sucre. La magnésie a une grande tendance à former des *sels doubles*.

7° Le *sulfate de zinc* agit comme celui de magnésie; il est très-décolorant, mais il est vénéneux. Le dépôt d'oxyde de zinc gélatineux n'est pas entièrement insoluble dans les liqueurs sucrées, et il est très-difficile de le séparer du liquide, ce qui arrive aussi avec l'alumine.

8° Le *sulfate de fer* présente la même réaction et décolore très-bien. Le dépôt, très-volumineux, est difficile à séparer, et il se forme du sucrate de fer, ou une dissolution de protoxyde de fer dans le sucre, que l'on ne parvient pas aisément à isoler d'une manière complète.

9° Le *sulfate de manganèse* agit exactement comme le sulfate de fer. Il se forme un sucrate de manganèse dont l'acide carbonique n'enlève que la moitié. Le dépôt est d'une séparation difficile.

Observation. — Tous les *sulfates solubles* à oxydes insolubles que l'on introduit dans les jus déféqués, chaulés, donnent lieu à l'*élimination de la chaux* sous forme de sulfate peu soluble, et à la *fixation des bases alcalines* à l'état de *sulfates de potasse*, *de soude*, *d'ammoniaque*... Si les oxydes sont gélatineux, ils sont très-décolorants; mais la plupart s'unissent à une portion du sucre et ils sont tous difficiles à isoler. Celui dont l'emploi est le moins irrationnel est le *sulfate d'alumine;* mais, encore, est-il contraire au bon sens d'augmenter à plaisir les difficultés de l'extraction par la présence d'un précipité gélatineux très-abondant, qu'il est presque impossible de presser ou de laver, et dont le dépôt ne s'effectue qu'avec une lenteur inacceptable en sucrerie. Si l'on tenait à l'action décolorante de l'alumine, il vaudrait mieux l'employer en gelée, isolée de l'acide sulfu-

rique. Ce que nous venons de résumer fait voir que l'emploi des sulfates doit être à peu près condamné en sucrerie dans une pratique rationnelle.

10° Le *carbonate d'ammoniaque* est décomposé par la chaux et les alcalis. Il se forme du *carbonate de chaux* insoluble, des *carbonates alcalins très-solubles;* l'ammoniaque devient libre.

Cet agent pourrait être très-utile dans certains cas : il est malheureusement trop cher. Il faut, en outre, éviter un excès d'ammoniaque dans les jus sucrés; l'*alcali volatil*, bien que disparaissant par la chaleur, ne colore pas moins les sirops et transforme un peu de sucre en acides bruns et en produits incristallisables.

11° Le *carbonate de soude* élimine la chaux sous forme de carbonate et substitue du *sucrate de soude* au *sucrate de chaux*. L'idée d'employer cet agent ne peut venir à l'esprit d'un homme sensé, s'il réfléchit à l'action des alcalis sur le sucre.

12° Le *carbonate acide de chaux* serait un *agent de premier ordre*, s'il pouvait être obtenu économiquement. Il précipite la chaux à l'état de carbonate, transforme les alcalis des sucrates en carbonates alcalins, n'a aucune action nuisible et n'introduit aucun élément minéral fixe dans la solution. C'est une question à étudier.

13° L'*acide oxalique* précipite entièrement la chaux sous forme d'*oxalate insoluble*, surtout en présence de l'ammoniaque des jus. Mais il se forme également des *oxalates alcalins*, qui sont solubles et qui ne pourraient disparaître que par un traitement ultérieur[1]; ces sels sont vénéneux. Agent à rejeter de la pratique.

14° L'*oxalate d'ammoniaque* produit les mêmes réactions que l'acide oxalique et donne lieu aux mêmes observations.

15° L'*oxalate d'alumine*... Mêmes réactions et mêmes observations. L'alumine, qui est mise en liberté, produit une assez grande décoloration, mais cet effet ne suffit pas pour autoriser l'acide oxalique dans les liqueurs sucrées.

16° L'*acétate d'alumine* est un très-bon agent de *décoloration;*

1. Le *phosphate acide de chaux*, le *bicarbonate* de la même base, et plusieurs autres sels dont les acides peuvent former des combinaisons peu nuisibles avec les alcalis, et dont les bases peuvent former des *oxalates insolubles*, seraient indiqués dans ce cas; mais il est bien plus simple de se priver de l'usage de l'acide oxalique et des oxalates solubles.

malheureusement, si l'alumine est mise en liberté, la chaux reste dissoute à l'état d'*acétate* très-soluble, et il en est de même des alcalis. Il en résulte que, sans l'emploi d'une réaction ultérieure, ces acétates réagiront plus tard sur les produits, que l'on aura à craindre la fermentation visqueuse, pour peu qu'il reste des matières albuminoïdes, enfin, que la matière calcaire augmentera les cendres des sucres.

On pourrait cependant se servir d'*un peu* d'acétate d'alumine comme agent décolorant, en faisant suivre son emploi par l'action du biphosphate de chaux, qui éliminerait la chaux à l'état de phosphate basique, et transformerait les acétates alcalins en phosphates. L'acide acétique serait mis en liberté, mais cet acide n'agit pas sur le sucre.

17° Le *bisulfite de chaux*... Nous en parlerons plus loin pour démontrer l'absurdité de l'emploi de ce corps, dans tous les temps du travail. En tout cas, il n'est pas un éliminateur suffisant de la chaux, bien qu'il ne soit soluble que dans 800 parties d'eau...

18° L'*acide borique* précipiterait bien la chaux; mais les *borates alcalins* sont solubles, ce qui demanderait une opération ultérieure. Ce corps est, en outre, trop cher.

19° Le *savon de soude* enlève bien la chaux à l'état de *savon calcaire insoluble*, mais il introduit la soude dans les jus, la glycérine souvent, et il est d'un emploi trop coûteux, à raison de l'équivalent très-élevé des acides gras.

20° Les *acides gras* vaudraient mieux, mais ils produiraient des savons solubles avec les alcalis, et ils sont également d'un emploi trop coûteux.

21° La *caséine* forme bien avec la chaux un *sel insoluble;* mais, en présence des alcalis, ce sel ne se précipite pas entièrement, et la caséine en excès est très-soluble dans la potasse, la soude et l'ammoniaque, et dans les carbonates alcalins. Il y a là une idée malencontreuse que l'allemand Kruger a cru devoir breveter sans réfléchir que, dès les premiers temps de la sucrerie, on employait le *lait* à la clarification des jus. Nous en reparlerons.

22° L'*acide phosphorique* a la propriété précieuse de précipiter la chaux et tous les oxydes métalliques, à l'exception des alcalis et de l'ammoniaque. Mais les *phosphates alcalins* étant de la plus entière innocuité sur le sucre, on peut dire que cet

acide est l'éliminateur par excellence de la chaux et le meilleur fixateur des alcalis. Nous aimerions mieux le faire agir par voie de double décomposition, afin d'éviter l'action directe qu'il peut avoir sur le sucre à chaud.

23° Le *phosphate acide de chaux* donne exactement les mêmes réactions que l'acide phosphorique; il élimine la chaux et transforme les alcalis en phosphates, mais il ne présente pas de danger sérieux pour le sucre, même à chaud, pourvu que l'action ne soit pas trop prolongée.

24° Le *phosphate d'alumine* nous paraît avoir été mal indiqué. Ce sel est insoluble, sinon dans les liqueurs acides, et il est fort *incomplétement* décomposable par la chaux et les alcalis. On ne pourrait en tirer parti qu'en le dissolvant dans un faible excès d'acide phosphorique, mais on aurait affaire, dans ce cas, à un produit trop coûteux. Quoi qu'il en soit, dans cette dernière application, il agirait comme le phosphate acide de chaux et produirait, en outre, une grande décoloration.

25° Le *phosphate d'ammoniaque* est le sel le plus commode à employer comme éliminateur de la chaux et fixateur des alcalis. Il forme du *phosphate de chaux basique insoluble* et des *phosphates alcalins*. L'ammoniaque devient libre et il n'y a pas la moindre hésitation à avoir dans l'emploi de ce sel. Il est trop cher actuellement, mais il est à espérer que, dans un temps peu éloigné, ce produit sera mis plus nettement à la portée de la fabrication.

26° L'*acide carbonique*, proposé par Barruel en 1812, puis par M. Pitay, en 1842, puis *repris* et *breveté* par les frères Rousseau, en 1849, est d'un emploi très-exact. Il donne du carbonate de chaux aux dépens du sucrate de chaux, et transforme les alcalis combinés au sucre en carbonates alcalins. Nous ne ferons pas ici d'observations sur l'emploi de cet agent qui est aujourd'hui universellement adopté par la fabrication, et nous dirons tout à l'heure ce qu'il convient de savoir à ce sujet.

Observation. — En résumant les notes sommaires précédentes, nous trouvons, en définitive, qu'il n'est pas rationnel de s'adresser ni à l'acide sulfurique, ni aux sulfates, ni à l'acide oxalique ou aux oxalates pour éliminer la chaux des jus; nous en avons dit les raisons. Le carbonate d'ammoniaque et le car-

bonate acide de chaux ne produisent que l'action de l'acide carbonique et, comme on obtient ce gaz à très-peu de frais, il nous semble inutile de nous occuper de ces deux carbonates. Laissant également de côté l'acide borique, le savon, les acides gras, la caséine, l'acide phosphorique et le phosphate d'alumine, nous restons avec l'*acide carbonique*, le *biphosphate de chaux* et le *phosphate d'ammoniaque*, pour produire l'élimination pratique de la chaux des jus déféqués.

Le premier élimine la chaux à l'état de carbonate insoluble et transforme les alcalis en carbonates solubles. Les deux phosphates, ci-dessus mentionnés, éliminent la chaux et transforment les alcalis en phosphates inoffensifs. Voilà les faits matériels dont nous allons avoir à examiner les conséquences.

Au point de vue de la *transformation des alcalis*, il nous reste encore à examiner rapidement les réactions produites par quelques corps dont on a conseillé l'emploi dans ce but.

27° L'*acide chlorhydrique* forme du *chlorure de calcium* avec la chaux, du *chlorure de potassium* avec la potasse, du *chlorure de sodium* avec la soude, et du *chlorhydrate d'ammoniaque* avec l'ammoniaque des jus.

A part le danger que l'on court d'intervertir une partie du sucre, nous ne pouvons comprendre que l'on ait osé proposer quelque chose de semblable. C'est absolument venir conseiller à la fabrication d'augmenter volontairement le chiffre des mélasses, et le lecteur peut s'en convaincre en se reportant à l'action du chlore et des chlorures sur le sucre.

28° Le *chlorhydrate d'ammoniaque* produit les mêmes effets, mais sans danger d'inversion. Il faut ajouter que, à la suite, par une température un peu élevée, le chlorhydrate d'ammoniaque peut se décomposer partiellement en présence du sucre et de divers éléments du jus, et qu'il peut se trouver de l'*acide chlorhydrique libre* dans la liqueur...

29° Le *chlorure d'aluminium* produit des réactions analogues et donne lieu aux mêmes observations. En outre, de l'alumine devient libre et agit comme décolorant.

30° Le *chlorure de manganèse* fournit les mêmes réactions; mais, comme une partie de l'oxyde reste obstinément engagée avec le sucre, il n'y a pas à s'arrêter à l'emploi de ce sel.

Nous verrons, dans l'étude détaillée de certains procédés modernes, quelles sont les conséquences désastreuses de la

transformation des alcalis en chlorures avant ou après la neutralisation de la chaux [1].

31° Enfin, on a fait beaucoup de bruit autour de l'emploi de l'*acide hydrofluosilicique* considéré comme éliminateur des alcalis.

Walkhoff, dont nous nous plaisons à reconnaître le mérite réel et le véritable talent d'observation, dit, dans son *Supplément* (p. 800) :

« Les tentatives et les recherches devraient être dirigées, de préférence, vers les moyens de séparer entièrement (*gänzlich*) les alcalis des solutions sucrées, plutôt que de les ramener à l'état de combinaisons inoffensives. La solution de ce problème transformerait complétement la fabrication du sucre de betterave et la conduirait à la situation la plus prospère et la plus assurée. Que l'on s'efforce, au moins, de trouver des moyens simples, certains et efficaces, pour éliminer du jus de betterave toutes les substances organiques, comme les matières albumineuses, par exemple, les corps pectiques ou gommeux, et il en résulterait, non-seulement une plus grande conservabilité des jus, mais encore moins de viscosité et de malpropreté de la masse cuite. La solution de cette question, qui ne me semble nullement impossible, exige seulement assez de persévérance pour atteindre un résultat satisfaisant. »

Ces idées nous paraissent fort justes, et nous ne pouvons que nous associer à une opinion aussi rationnelle, qui est celle de tous les esprits pratiques; il en est de même de la prudente réserve avec laquelle l'auteur que nous venons de citer accueille l'emploi proposé de l'acide hydrofluosilicique.

« La prétention émise récemment, dit-il, d'atteindre ce but (l'élimination entière des alcalis) par l'emploi de l'acide hydrofluosilicique, donne certainement beaucoup d'espérances; mais, cependant, la possibilité de cette application doit *d'abord* être constatée par l'expérience. »

Comme Walkhoff et plusieurs autres, nous pensons que l'éli-

1 Nous devons avouer que cette bizarrerie nous toucherait beaucoup plus, si elle avait été rêvée par des fabricants ou des chimistes français... Nous n'en sommes pas là, Dieu merci, et c'est encore un produit de la science allemande, conçu et exécuté par des Allemands, avec cet entêtement qui les caractérise, malgré les observations les plus sages des hommes compétents. Certains écrivains allemands eux-mêmes blâment l'emploi des chlorures, bien qu'ils ne le fassent qu'avec les *égards dus* à des compatriotes...

mination absolue des bases serait l'idéal, la perfection; nous regardons comme un acheminement vers cette perfection la séparation des matières étrangères azotées, pectiques, gommeuses; mais nous ne croyons pas à la valeur des promesses faites au nom de l'acide hydrofluosilicique.

Nous savons, comme tout le monde, que cet acide forme, avec la potasse, un *précipité gélatineux peu soluble* dans l'eau; mais la séparation de ce précipité est d'une telle difficulté en pratique que nous la considérons comme un obstacle très-sérieux à l'adoption de cet agent d'élimination. Nous ne mentionnerons que pour mémoire les difficultés de la préparation de l'acide hydrofluosilicique, que l'on sera toujours obligé d'acheter à des spécialistes, et nous nous bornons à signaler le défaut capital de cette application.

Il convient d'ajouter que la transparence du précipité d'hydrofluosilicate alcalin empêche de suivre aisément la réaction, que ce corps se trouve dans les *jus* en une proportion assez faible pour qu'une partie reste dissoute, enfin, que cette réaction n'a pas d'effet sur les sels de soude.

Maintenant donc que nous nous sommes fait une idée suffisante des agents chimiques conseillés pour la saturation de la chaux et des bases, nous décrivons le procédé suivi en pratique habituelle, afin de pouvoir en indiquer les défauts et signaler les moyens d'y porter remède.

Méthode ordinaire de saturation. — Les jus traités par la chaux, dans la chaudière à déféquer, et ceux qui proviennent de la pression des écumes et des dépôts sont dirigés dans une chaudière ou dans un bac dit de saturation, dont les dispositions permettent d'amener un courant d'*acide carbonique* dans la liqueur et de la porter à l'ébullition. Lorsqu'il y a dans le vase une quantité de liqueur suffisante au-dessus du tube à acide gazeux, on introduit le courant gazeux pendant que l'on achève de remplir jusqu'à la ligne de travail. Il se produit des mousses plus ou moins abondantes, le liquide se trouble par suite de la formation du carbonate de chaux, et il arrive un moment où le gaz cesse d'avoir de l'action et où il convient d'arrêter l'opération. On dit alors que le jus est *saturé*.

On juge de l'état de la saturation par divers moyens. Le papier rougé de tournesol, le papier de curcuma, le sel de fer

ne donnent plus qu'une très-faible réaction alcaline; la *liqueur*, puisée dans une *poche*, dépose rapidement et se clarifie bien... C'est ce dernier caractère, tout empirique et dénué de précision, qui dirige habituellement les ouvriers.

Sous l'action du gaz, le ***sucrate de chaux*** et les ***sucrates alcalins*** se sont décomposés; le sucre est devenu libre, et l'acide carbonique, en se combinant à la chaux et aux alcalis, a formé du ***carbonate de chaux insoluble*** et des ***carbonates alcalins très-solubles***.

Lorsque l'on juge que l'effet est suffisant, on porte le liquide à l'ébullition, pour donner plus de densité au précipité, pour éliminer l'acide carbonique en excès, et empêcher qu'une partie du carbonate de chaux reste en dissolution à la faveur de cet excès d'acide. Après quelques minutes d'ébullition, on laisse reposer pendant le temps dont on dispose, et l'on décante la liqueur claire pour la diriger vers un appareil à filtrer, en ayant soin de débourber d'abord les portions troubles.

Observations. — Il est bien évident que l'action de l'acide carbonique est une des plus économiques et des plus commodes pour l'élimination de la chaux; nous ajouterons qu'elle peut être aussi complète que l'on peut le désirer, au point de vue purement chimique.

Nous avons autrefois soutenu cette thèse que l'action de l'acide carbonique est incomplète sur la chaux et que l'oxalate d'ammoniaque précipite de la chaux dans les jus filtrés, même quand ils ont été soumis à l'action du gaz jusqu'à refus. Nous avions à la fois tort et raison. En effet, la chaux est complétement transformée en carbonate par un courant suffisant de gaz carbonique, mais tout le carbonate formé ne se précipite pas. Nous avons remarqué que le carbonate de chaux, récemment formé, est notablement soluble dans les carbonates alcalins et cette observation, que nous avons faite le premier, explique les contradictions apparentes auxquelles nous faisons allusion[1].

Comme nous avons fait voir précédemment que les carbonates alcalins se décomposent dans la suite des opérations, il résulte

1. Le sel qui se produit est le même que celui que M. Boussingault a trouvé à Mérida (Amérique); c'est de la *Gay-lussite* $CaO,CO^2.NaO,CO^2.5HO$.

de ce fait que la transformation des alcalis en carbonates ne suffit pas pour paralyser l'action des bases et que la saturation par l'acide carbonique, très-avantageuse au point de vue de la chaux, n'est qu'un *palliatif momentané* à l'égard des alcalis.

Méthode rationnelle de saturation. — Dans une méthode précise, il importe donc de ne voir, dans l'action de l'acide carbonique, qu'une opération de transition, dont le but est d'éliminer la presque totalité de la chaux. Il convient de se convaincre de ceci, que cette réaction n'a pas encore complété la purification du jus et que le résultat sera atteint seulement lorsque les alcalis seront séparés ou transformés à l'état de combinaisons inoffensives.

La saturation par l'acide carbonique se fait donc dans une méthode rationnelle exactement comme dans la méthode vulgaire, à cette différence près que l'on tend à faire une carbonatation plus complète, afin d'économiser les réactifs à employer ensuite pour compléter la purification chimique.

Nous étudierons, dans un instant, la marche à suivre pour ce complément de purification ; mais, auparavant, nous croyons utile d'indiquer les principales propriétés de l'acide carbonique et les circonstances de la préparation de ce gaz. C'est encore ici le lieu de dire un mot sur un phénomène que l'on observe quelquefois pendant la *carbonatation* et qui ne nous paraît pas avoir reçu encore sa véritable explication.

De la coloration des jus à la saturation. — Nous avons entendu un certain nombre de personnes qui accusaient l'acide carbonique d'un méfait dont nous le croyons fort innocent ; nous voulons parler de la *coloration brune* que prennent parfois les jus de betterave, de canne, de carotte, de cucurbitacées, par une saturation prolongée. Cet effet n'a rien de bien surprenant en réalité, et il prouve seulement qu'il s'est trouvé dans les jus des principes pectiques et que la défécation a été mal faite.

Soit qu'on ait laissé des particules de pulpe avec le jus, ce qui arrive presque toujours, et que la pectose ait été changée en pectine par l'action de la chaleur, soit qu'il se soit formé de la pectine ou des pectates par une altération quelconque, si le

chaulage est insuffisant, il se forme des pectates alcalins dans la liqueur. Cette réaction a lieu encore dans plusieurs autres circonstances et, notamment, il peut se former du pectosate d'ammoniaque ou un pectosate alcalin pendant qu'on chauffe les liqueurs. Dans tous les cas, lorsque l'on a employé même un excès de chaux, que tout l'acide pectique a formé du pectate de chaux, si la liqueur n'arrive pas *parfaitement limpide* à la saturation, le pectate de chaux, dont une partie se trouve en suspension à la carbonatation, est décomposé par le courant d'acide carbonique, et l'acide pectique, devenu libre, est en présence de carbonates alcalins, à une température assez élevée. Il se transforme en *métapectate alcalin*, *très-soluble*, *brun*, qui donne aussitôt une teinte très-prononcée à la liqueur... Cet effet est d'autant plus sensible que les jus sont plus riches en alcalis. Cette réaction est la seule que l'on ait à redouter des principes pectiques et, toutes les fois qu'on la voit se reproduire, on peut hardiment accuser une négligence dans les soins apportés à la conservation des matières, ou dans le travail de la purification mécanique ou physique, ou dans la pratique du chaulage à la défécation.

De l'acide carbonique. — Le gaz acide carbonique a pour symbole chimique CO^2, et il est formé d'un équivalent de carbone (=75), et de deux équivalents d'oxygène ($100 \times 2 = 200$), en sorte que l'équivalent de ce corps égale 275. Il en résulte que l'équivalent de la chaux étant 350, celui de la potasse, 590 et celui de la soude 387,20, il faudra 275 kil. d'acide carbonique pour changer en carbonates :

350 kil. de chaux,
590 » de potasse,
387k.20 de soude.

L'acide carbonique est décomposé par le charbon, à une température élevée, et il passe à l'état d'oxyde de carbone $CO = 175$, qui n'a plus d'action sur les bases. La densité de l'acide carbonique est de 1,529 à 0°, c'est-à-dire qu'elle est plus grande que celle de l'air; celui-ci présentant, par litre, sous la pression ordinaire et à 0°, un poids de 1 gram. 2932, le litre d'acide carbonique pèse 1 gramme 977. L'eau dissout son volume de ce gaz à la température ordinaire. Le gaz acide car-

bonique n'est pas vénéneux, mais il peut causer la *mort par asphyxie*.

Le gaz carbonique est très-répandu dans la nature et il forme une grande partie du poids de tous les carbonates. Le calcaire ou le carbonate de chaux, les coquillages, la craie, le marbre, sont des composés de chaux et d'acide carbonique.

On peut extraire le gaz acide carbonique de tous les carbonates métalliques en les soumettant à l'action d'un acide approprié, convenablement étendu d'eau. En *sucrerie*, on l'obtient par la *calcination du calcaire*, ou par la *combustion du charbon*, ou par ces deux moyens à la fois.

Lorsqu'on soumet le calcaire ou la pierre à chaux à l'action d'une température élevée, la matière perd son acide carbonique sans changer de forme et elle passe à l'état de chaux vive. Il est avantageux, dans la fabrication du sucre, de préparer soi-même la chaux nécessaire pour la défécation, car on obtient, en outre, à très-peu de frais, l'acide carbonique dont on a besoin pour la saturation des jus chaulés.

Si l'on brûle du charbon, du coke, de la houille, du bois, sous l'action d'un excès d'air, de manière que la masse soit bien incandescente, il se forme de l'acide carbonique aux dépens du charbon et de l'oxygène de l'air dans la proportion de 3k.67 pour chaque kilogramme de charbon pur et sec. Si la masse n'est pas incandescente, que la quantité d'air ne soit pas suffisante, une partie du charbon ne passe qu'à l'état d'oxyde de carbone et une portion plus ou moins considérable de l'acide carbonique formé retourne, en pure perte, au même état.

A l'aide de ces données, on peut diriger très-bien la préparation de l'acide carbonique dans le système adopté et, pourvu que le gaz produit soit réellement de l'acide carbonique, qu'on le force à se *laver* avant de l'employer à la saturation, on sera dans de bonnes conditions pour obtenir une saturation convenable.

On peut même, si l'on a de la chaux d'une autre provenance, à des conditions économiques, *aspirer* les gaz provenant des foyers et renfermant beaucoup d'acide carbonique, les laver et les employer dans le but qui nous occupe.

Nous renverrons les détails relatifs à l'établissement des *fours à acide carbonique*, etc., à un prochain chapitre et nous nous contentons de compléter ces notions sommaires par la descrip-

tion rapide de l'appareil des frères Rousseau, qui est, à très-peu près, le même que celui de Barruel (fig. 18.)

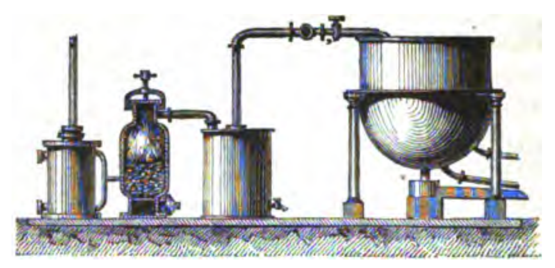


Fig. 18.

Cet appareil se compose d'une *pompe* pneumatique, d'un *four* pour la combustion du charbon, et d'un cylindre laveur. La pompe prend l'air extérieur par aspiration et le refoule dans le four, au-dessus de la grille qui supporte le charbon, et le gaz, produit par la combustion, est chassé dans le cylindre, d'où il est envoyé, selon le besoin, dans la chaudière à saturer.

Nous ne nous arrêterons pas à faire voir maintenant les défauts de ce système et nous nous contenterons de faire observer que, dans les premiers temps qui suivent l'introduction d'une charge de combustible, il ne se produit guère que de l'oxyde de carbone inerte, avec très-peu d'acide carbonique.

Supposons donc que nous avons affaire à un bon instrument: ce que nous avons dit plus haut suffit pour faire comprendre que l'on peut produire aisément l'acide carbonique par la combustion du charbon seul, ou par la calcination de la pierre calcaire, ou par l'élévation à l'incandescence, en présence d'un courant d'air, d'un mélange de combustible et de calcaire...

Complément de purification par la transformation des carbonates alcalins. — Le liquide traité par l'acide carbonique renferme du carbonate de chaux dissous, et des carbonates alcalins ou même des sucrates, si la décomposition n'a pas été complète. C'est sur ce liquide que l'on doit agir avec les réactifs destinés à séparer ou à transformer les bases alcalines. Nous avons dit ce que nous pensons au sujet de l'élimination, et

nous ne regardons comme franchement possible qu'une transformation, pourvu que l'innocuité des nouveaux sels soit absolue et démontrée et que l'opération soit facile et inoffensive.

Tel n'est pas le cas pour le changement des bases en chlorures... Les seuls agents utilisables sont les phosphates, qui offrent la propriété de séparer le reste de la chaux, de former des phosphates alcalins solubles parfaitement inoffensifs et de décolorer la liqueur.

Si donc, après un emploi judicieux de l'acide carbonique, on envoie le liquide carbonaté dans un autre bac ou une autre chaudière, il suffira d'y ajouter une *proportion convenable* d'acide phosphorique étendu, de phosphate acide de chaux, ou de phosphate d'ammoniaque, pour que la chaux soit précipitée à l'état de phosphate basique et que les carbonates alcalins soient changés en phosphates inoffensifs. Dès lors, il n'y a plus rien à redouter des alcalis, qui ne peuvent plus agir sur le glucose et qui cessent d'être des causes, éminemment actives, de coloration et d'altération des produits.

Ici, il se présente deux questions dont nous devons chercher la solution. Ne peut-on pas opérer ce *phosphatage* dans la chaudière à saturer, ce qui éviterait l'emploi de deux chaudières? Doit-on neutraliser entièrement et détruire toute l'alcalinité du jus? Ces questions sont assez importantes, en pratique, pour que l'on s'y arrête quelques instants.

Et d'abord on ne peut songer à employer l'acide phosphorique en présence du dépôt de carbonate calcaire, par la raison très-simple que cet acide réagirait sur ce carbonate aussi bien que sur le reste des bases ou sur les carbonates solubles. Ce serait perdre gratuitement une grande quantité de réactif et rendre inutile la carbonatation préalable.

Cette raison est encore aussi puissante lorsqu'on emploie le superphosphate. Nos expériences ont démontré, en effet, que ce sel décompose, non-seulement les carbonates alcalins, mais encore le carbonate calcaire et l'on peut même se servir de *craie pulvérisée* pour neutraliser tout excès de ce corps. Il reste donc le phosphate d'ammoniaque. Nous ne parlons pas de son prix. Nous savons que nous n'avons pas à craindre qu'il se produise d'inversion, ni que ce sel décompose le carbonate calcaire. Sous ce rapport, ce sel serait donc d'un très-bon usage.

Mais, cependant, si on l'emploie de préférence, on sera en face d'un inconvénient très-réel, puisque la réaction alcaline de l'ammoniaque ne permettra pas d'apprécier le moment de la neutralisation. Il en résulte que l'on sera forcé de faire un essai à chaque opération, à moins que l'on n'agisse par à peu près, ce qui est la marche la plus détestable qu'on puisse imaginer.

Il ne s'agit pas, en effet, de dire que l'on introduira *un kilogramme* de phosphate d'ammoniaque dans 1,000 litres de jus; il faut en mettre la *quantité nécessaire*, et les jus sont d'une nature trop variable pour qu'on puisse procéder ainsi. D'ailleurs, le véritable principe pratique de la fabrication consiste à employer *trop* de tous les réactifs pour être sûr d'en avoir employé *assez*, pourvu qu'à chaque opération on annihile l'excès de l'opération précédente. Il faut un excès de tannin, que l'on détruira par un excès de chaux; celui-ci sera annihilé par un excès d'acide carbonique, puis de phosphate, et la marche sera complète et régulière, pourvu que l'on possède un moyen simple, facile, et peu coûteux d'enlever l'excès du phosphate employé. C'est pour cet ensemble de raisons que nous préférons nous servir du biphosphate de chaux, que l'on peut préparer en fabrique, qui ne coûte presque rien, et dont les réactions sont assez caractéristiques pour que l'on puisse toujours avoir la certitude d'une addition suffisante. C'est encore pour ces motifs que nous regardons comme une faute de pratiquer le *phosphatage complémentaire* dans la chaudière à saturer.

Quant à la seconde question, relative au point où l'on doit conduire la neutralisation, nous ne trouvons que dans Walkhoff une raison quelconque opposée à la neutralisation complète qui vaille la peine d'être discutée.

Après avoir dit que l'expérience pratique démontre combien les phosphates alcalins sont inoffensifs à l'égard de la couleur, du goût et de la propriété de cristalliser, et après avoir reconnu que l'on doit accorder à ce procédé une attention sérieuse, cet auteur ajoute :

« Il y a, cependant, un inconvénient dans cette méthode : c'est que, par le changement des alcalis caustiques en phosphates alcalins, on enlèvera aussi la totalité de la chaux du jus, et *il faut qu'il en reste toujours une petite quantité dans le cours*

du travail de la fabrication, pour qu'on soit protégé contre l'altération (acidification, etc., p. 796). »

Nous remarquerons, auparavant, que Walkhoff ne parle pas de la neutralisation comme d'un obstacle à la cristallisation. Il voit dans cette *difficulté*, qui n'a pas encore été surmontée (*nicht überwundenen*), la cause des mécomptes subis dans l'essai du procédé, et il ajoute que cette observation fait comprendre pourquoi les produits secondaires des jus traités par l'acide phosphorique sont souvent atteints par des moisissures. Il espère qu'on trouvera un moyen pratique de conserver les jus, soit en éliminant les matières organiques, soit en employant un autre agent que la chaux...

Tout cela est parfait, sous la réserve de ce qui suit : « *Tous ceux qui voient leurs jus ou leurs sirops se gâter après un traitement phosphorique doivent en conclure qu'ils ont laissé dans leurs liquides une portion notable des matières azotées. Les moisissures qui se produisent à la surface d'un sirop bien traité pro viennent des impuretés d'un air méphitique, d'un local sale, ou d'autres conditions analogues dues à la négligence.* »

Au moment où nous écrivons ces lignes, nous avons sous les yeux de nombreux échantillons de sirops provenant de jus traités par le phosphate acide de chaux, après emploi de tannin; aucun ne présente d'altération ni de moisissures, et cependant la *neutralisation a été complète.*

Nous sommes donc certain de la futilité du motif allégué, lorsque les matières albuminoïdes ont été éliminées, et nous ne voyons pas ce qui empêche de le faire. Une méthode ne saurait être, décemment, responsable de la négligence de ceux qui l'exécutent en aveugles ou en étourdis.

De la même manière que les raffineurs et les confiseurs traitent des *sirops neutres*, qui cristallisent bien, dont les *produits secondaires ne s'altèrent pas*, parce qu'ils ne renferment que le minimum des matières étrangères, de même, les sirops de fabrication, débarrassés des substances azotées et des ferments, ne sont exposés à aucune altération, à aucune moisissure, à moins que l'air ambiant n'en soit infecté et n'en dépose à la surface.

Procédé pratique. — En partant de ces bases, les jus, sortant de la carbonatation, sont portés dans un *bac de phosphatage*, et

Mais, cependant, si on l'emploie de préférence, on sera en face d'un inconvénient très-réel, puisque la réaction alcaline de l'ammoniaque ne permettra pas d'apprécier le moment de la neutralisation. Il en résulte que l'on sera forcé de faire un essai à chaque opération, à moins que l'on n'agisse par à peu près, ce qui est la marche la plus détestable qu'on puisse imaginer.

Il ne s'agit pas, en effet, de dire que l'on introduira *un kilogramme* de phosphate d'ammoniaque dans 1,000 litres de jus; il faut en mettre la *quantité nécessaire*, et les jus sont d'une nature trop variable pour qu'on puisse procéder ainsi. D'ailleurs, le véritable principe pratique de la fabrication consiste à employer *trop* de tous les réactifs pour être sûr d'en avoir employé *assez*, pourvu qu'à chaque opération on annihile l'excès de l'opération précédente. Il faut un excès de tannin, que l'on détruira par un excès de chaux; celui-ci sera annihilé par un excès d'acide carbonique, puis de phosphate, et la marche sera complète et régulière, pourvu que l'on possède un moyen simple, facile, et peu coûteux d'enlever l'excès du phosphate employé. C'est pour cet ensemble de raisons que nous préférons nous servir du biphosphate de chaux, que l'on peut préparer en fabrique, qui ne coûte presque rien, et dont les réactions sont assez caractéristiques pour que l'on puisse toujours avoir la certitude d'une addition suffisante. C'est encore pour ces motifs que nous regardons comme une faute de pratiquer le *phosphatage complémentaire* dans la chaudière à saturer.

Quant à la seconde question, relative au point où l'on doit conduire la neutralisation, nous ne trouvons que dans Walkhoff une raison quelconque opposée à la neutralisation complète qui vaille la peine d'être discutée.

Après avoir dit que l'expérience pratique démontre combien les phosphates alcalins sont inoffensifs à l'égard de la couleur, du goût et de la propriété de cristalliser, et après avoir reconnu que l'on doit accorder à ce procédé une attention sérieuse, cet auteur ajoute :

« Il y a, cependant, un inconvénient dans cette méthode : c'est que, par le changement des alcalis caustiques en phosphates alcalins, on enlèvera aussi la totalité de la chaux du jus, et *il faut qu'il en reste toujours une petite quantité dans le cours*

du travail de la fabrication, pour qu'on soit protégé contre l'altération (acidification, etc., p. 796). »

Nous remarquerons, auparavant, que Walkhoff ne parle pas de la neutralisation comme d'un obstacle à la cristallisation. Il voit dans cette *difficulté*, qui n'a pas encore été surmontée (*nicht überwundenen*), la cause des mécomptes subis dans l'essai du procédé, et il ajoute que cette observation fait comprendre pourquoi les produits secondaires des jus traités par l'acide phosphorique sont souvent atteints par des moisissures. Il espère qu'on trouvera un moyen pratique de conserver les jus, soit en éliminant les matières organiques, soit en employant un autre agent que la chaux...

Tout cela est parfait, sous la réserve de ce qui suit : « *Tous ceux qui voient leurs jus ou leurs sirops se gâter après un traitement phosphorique doivent en conclure qu'ils ont laissé dans leurs liquides une portion notable des matières azotées. Les moisissures qui se produisent à la surface d'un sirop bien traité proviennent des impuretés d'un air méphitique, d'un local sale, ou d'autres conditions analogues dues à la négligence.* »

Au moment où nous écrivons ces lignes, nous avons sous les yeux de nombreux échantillons de sirops provenant de jus traités par le phosphate acide de chaux, après emploi de tannin; aucun ne présente d'altération ni de moisissures, et cependant la *neutralisation a été complète.*

Nous sommes donc certain de la futilité du motif allégué, lorsque les matières albuminoïdes ont été éliminées, et nous ne voyons pas ce qui empêche de le faire. Une méthode ne saurait être, décemment, responsable de la négligence de ceux qui l'exécutent en aveugles ou en étourdis.

De la même manière que les raffineurs et les confiseurs traitent des *sirops neutres*, qui cristallisent bien, dont les *produits secondaires ne s'altèrent pas*, parce qu'ils ne renferment que le minimum des matières étrangères, de même, les sirops de fabrication, débarrassés des substances azotées et des ferments, ne sont exposés à aucune altération, à aucune moisissure, à moins que l'air ambiant n'en soit infecté et n'en dépose à la surface.

Procédé pratique. — En partant de ces bases, les jus, sortant de la carbonatation, sont portés dans un *bac de phosphatage*, et

ils reçoivent une quantité de superphosphate telle que le papier bleu de tournesol accuse une certaine tendance à virer à l'acidité. Il va de soi que l'on a agité pour bien exécuter le mélange, pendant l'opération. Il se dégage une quantité considérable d'acide carbonique provenant du carbonate de chaux et des carbonates alcalins. On neutralise alors la liqueur en y versant, *avec attention* et en agitant, soit du *sucrate de chaux*, soit du jus déféqué, chaulé, non saturé. On doit se borner au point où le papier rouge de tournesol commence à virer franchement et nettement au bleu violacé.

On porte alors au bouillon pendant trois ou quatre minutes. on laisse reposer et on décante. On peut filtrer si l'on veut, mais cela n'est pas absolument indispensable. Les jus peuvent supporter la concentration dans cette condition et les dépôts, passés à la presse ou au filtre-presse, peuvent servir à faire de nouveau phosphate soluble.

Rien n'empêche cependant alors de rentrer dans les conditions de la fabrication habituelle sur du *noir non alcalin*, comme il sera dit dans un instant, et cette manœuvre aura d'autant plus de portée et de valeur que les causes de coloration ultérieure sont supprimées. Nous ajouterons que le complément de purification dont nous venons de parler n'exige pas absolument l'emploi des phosphates; il doit être fait, voilà tout, et l'on peut adopter un agent ou un autre, pourvu que la chaux soit *entièrement séparée* et que les alcalis soient *complétement transformés en sels inoffensifs*. Nous n'adoptons le phosphatage par le phosphate acide, que par cette considération que cette marche est, jusqu'à présent, la plus sûre et la plus économique.

Décoloration des jus. — La destruction de la matière colorante est le dernier acte de cette série d'opérations qui constituent la purification du jus. Elle s'opère d'abord par voie chimique. La précipitation du dépôt calcaire dans les jus, à la défécation, entraîne une notable partie de la matière colorante, comme le feraient, du reste, tous les précipités chimiques, lesquels, en se déposant à l'*état amorphe*, s'emparent du principe colorant, d'une façon analogue à ce que produisent les précipités gélatineux, quoique d'une manière moins nette. A la suite de cette première action, la précipitation de la chaux par l'acide

carbonique agit encore dans le même sens. Cela est tellement exact que, si l'on ajoute dans les jus chaulés, pendant la saturation, de faibles quantités de chaux en lait, chaque addition détermine un degré supérieur de décoloration. Après cette opération, dans les fabriques où l'on transforme les alcalis en phosphates, on peut constater une décoloration très-nette, qui approche de celle que produiraient les laques alumineuses. Si l'on tenait à obtenir une nuance moins prononcée encore, l'addition de quelque peu de lait de chaux ou d'un peu de sucrate de chaux, suivi de neutralisation par une proportion équivalente de phosphate, peut conduire aussi loin qu'on le désire.

En dehors de ces observations, la fabrication ordinaire emploie le *noir d'os*, le *noir animal*, comme agent de décoloration. Avant d'exposer la pratique relative à l'*absorption* de la matière colorante, nous croyons devoir étudier rapidement les moyens d'apprécier l'intensité de cette matière, puis d'examiner avec attention les propriétés du noir décolorant.

De la colorimétrie. — Nous renverrons à notre étude sur la raffinerie l'examen détaillé des différents appareils à l'aide desquels on peut établir la valeur des sucres et des jus sucrés au point de vue de la matière colorante. Nous n'avons besoin, présentement, que de fixer les idées à ce sujet et de faire saisir les principes à l'aide desquels on doit se guider dans un examen de cette nature; aussi nous bornerons-nous à ce qui nous paraît le plus essentiellement utile au fabricant.

Il serait absurde de vouloir prendre pour base un *type donné de coloration*. On comprend, en effet, qu'il soit absolument impossible, au moins avec les moyens actuels, de comparer deux *teintes différentes*, et les instruments de colorimétrie ne peuvent servir qu'à constater le plus ou moins de coloration, *la nuance plus ou moins foncée d'une même teinte*.

Le *colorimètre* de M. Payen (fig. 19) consiste en un tube horizontal en cuivre jaune, de 3 centimètres de diamètre sur 10 centimètres de longueur environ, et communiquant avec un tube vertical. Un autre tube horizontal mobile, divisé en centimètres et millimètres, entre à frottement dans le tube fixe latéral; il est terminé à son ouverture B par un disque de verre blanc qui, au moyen du tirage, peut être rapproché ou éloigné

d'un autre disque fixé, en A, au tube vertical; les centres de ces deux disques se correspondent comme les verres d'une lunette. A la partie supérieure du tube vertical, on place un petit cylindre dans lequel sont fixés, à un centimètre de dis-

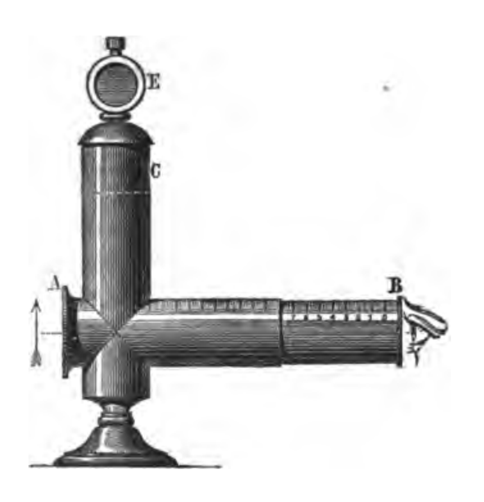


Fig. 19.

tance, deux disques en verre E, entre lesquels on introduit, par une petite ouverture, la liqueur qui sert de point de comparaison avec celle qu'on veut examiner et qui a été traitée pour décoloration par le charbon ou autrement, et qu'on a placée dans le tube vertical. En tirant doucement la portion mobile du tube horizontal, on fait passer une partie de la liqueur examinée entre les deux verres A et B, jusqu'à ce que la nuance de la solution paraisse avoir la même intensité que la liqueur d'épreuve placée dans le petit cylindre E. En lisant sur l'échelle du tube mobile le nombre des divisions qui marquent l'écartement des deux disques, on reconnaît quelle est l'épaisseur de la couche liquide interposée. Si cette épaisseur est double de celle de la liqueur d'épreuve, le liquide essayé ne renferme que la moitié de matière colorante, etc.

Un autre colorimètre plus parfait a été construit ultérieurement par Collardeau. En voici la description :

« Cet instrument (fig. 20) se compose de deux lunettes absolument semblables l'une à l'autre, accouplées sur un trépied,

et dont les axes convergent sous un angle tel que l'observateur, en les plaçant à distance convenable, puisse aisément voir d'un

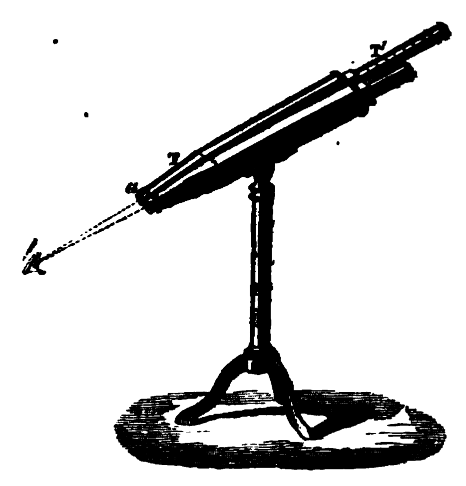


Fig. 20.

œil à travers les deux lunettes à la fois. Chacune de ces lunettes est formée de deux tubes concentriques T T', fermés par des disques de verre et glissant à frottement l'un dans l'autre, le verre du tube intérieur pouvant s'appliquer exactement sur celui du tube extérieur. Celui-ci est appelé *enveloppe;* le premier est désigné sous le nom de *lunette*. Ce dernier porte des divisions métriques qui donnent à l'observateur la mesure de l'écartement des verres, et par conséquent, de la couche liquide interposée.

« L'opération consiste en principe à comparer entre elles deux solutions tinctoriales : l'une prise pour *type*, et l'autre, *de même espèce*, qu'il s'agit d'apprécier ; l'appréciation de cette dernière résulte du plus ou moins d'épaisseur qu'il faut donner à la couche interposée pour l'amener au même degré d'opacité que la première. Ce degré est indiqué par l'allongement de la lunette et représente la proportion inverse des pouvoirs colorants respectifs des deux solutions [1]. »

On peut essayer, avec ces instruments, l'intensité de la coloration d'un *même jus* dans les différentes phases de la fabri-

1. J. Salleron, *Notice*, 1861.

cation. Il nous paraît indispensable, dans ce cas, de prendre pour terme de comparaison, ou pour liqueur d'épreuve, le jus chaulé, filtré, la solution sucrée ayant perdu, par le chaulage, sa teinte primitive, et le jus non chaulé étant trop altérable à la lumière, au point de vue de la coloration, pour pouvoir servir à une étude comparative. On comprend encore que, par ce genre d'observations, on puisse comparer deux sirops, deux mélasses ou deux sucres, doués de la même teinte. Il suffit d'en dissoudre un poids donné, 10 grammes, par exemple, dans 200 grammes d'eau, de filtrer et de comparer les deux solutions [1]. De même, ce qui précède nous suffit pour apprécier l'action décolorante d'un agent quelconque de décoloration, comme nous allons le voir en étudiant l'*essai des noirs*.

Du charbon d'os ou noir animal. — Le *noir d'os*, *noir animal*, ou *charbon d'os*, est le résultat de la calcination des os des animaux à l'abri du contact de l'air.

Les os sont formés, en moyenne, d'un tiers de parties organiques et de deux tiers de parties minérales. Ces dernières sont ainsi composées chez le bœuf, d'après Heintz :

Calcaire ou carbonate de chaux............	10,07
Phosphate de magnésie....................	2,98
Phosphate de chaux.......................	83,07
Fluorure de calcium......................	3,88

Ces parties restent dans le produit de la calcination, avec une certaine quantité de *charbon azoté* provenant de la carbonisation des matières organiques.

Le charbon animal moulu, bluté, donne deux produits, le *noir en grains* plus ou moins gros, et le *noir fin* en poudre ténue. Celui-ci s'emploie pour la clarification, en raffinerie principalement [2].

Lorsque les os ont été calcinés en vase clos, ils retiennent environ 10 p. 100 de charbon, et ce charbon renferme 6 à

1 Nous décrirons, plus tard, des appareils plus précis, les colorimètres de MM. J. Duboscq et J. Salleron; nous dirons même quelques mots sur le colorimètre de Ventzke; mais nous faisons remarquer ici que tous ces instruments ne peuvent rien donner de rigoureux, lorsque l'on n'agit pas sur des *nuances d'une même teinte*.

2. V., dans les *Notes justificatives*, l'histoire de l'application du charbon d'os à la décoloration.

7 p. 100 d'azote, en sorte que, d'après M. Bussy, le charbon animal est formé généralement des substances suivantes :

Phosphate de chaux	88
Carbonate de chaux	
Sulfate de chaux	
Sulfure de fer	
Oxyde de fer	
Fer à l'état de carbure silicé	2
Charbon azoté	10
	100

En partant de la décomposition des os, d'après Heintz, nous trouvons que la composition du *noir pur* est, en moyenne, conforme aux chiffres suivants :

Phosphate de chaux	76,2570
Carbonate de chaux	8,4870
Phosphate de magnésie	1,9395
Fluorure de calcium	3,3165
Matières minérales	90,000
Charbon d'origine organique	10,000
Total	100,000

Propriétés du noir. — La nature des propriétés du noir d'os n'a été bien connue qu'à la suite des recherches de MM. Bussy et Payen (1821). Ces expérimentateurs ont reconnu que le charbon animal *décolore* et qu'il *absorbe la chaux* des solutions qui en contiennent ; que le *pouvoir décolorant* appartient seulement au charbon qui fait partie du noir ; que cette propriété est d'autant plus remarquable que le charbon est plus poreux et plus divisé...

La propriété décolorante du noir et son pouvoir absorbant sont utilisés, en sucrerie, d'une manière générale, pour éliminer la matière colorante des jus et des sirops et pour enlever *une partie* de la *chaux*, lorsque l'on n'a pas adopté un traitement qui permette de séparer entièrement cette base. M. Payen ayant attribué au charbon d'os la propriété de s'emparer des matières extractives, on considère encore le noir comme un éliminateur des matières azotées.

Nous ne sommes pas enthousiaste du noir ; tout au contraire, nous considérons l'introduction de cet agent en sucrerie comme une aberration et un non-sens ; cependant nous reconnaissons

que le noir décolore, nous admettons qu'il absorbe, par une sorte de phénomène d'osmose, une portion de certaines matières minérales, notamment de la chaux et des alcalis, qu'il retient une partie des matières azotées, mais nous ne croyons pas que tout cela suffise pour faire dépendre la sucrerie du noir.

Lorsque certains écrivains apportent des chiffres favorables à leur thèse, ils prennent grand soin de ne pas indiquer les circonstances qui seraient de nature à faire réfléchir le lecteur. Nous en trouvons un exemple dans une série de données rapportées dans une publication allemande. Un jus renfermait, après la carbonatation :

Sucre		0,08
Substances organiques étrangères au sucre		0,0056
Matières minérales diverses	0,0052	0,0059
Chaux	0,0007	

Après la filtration sur le noir, ce jus contenait :

Sucre		0,08
Substances organiques étrangères au sucre		0,0048
Matières minérales diverses	0,0042	0,0046
Chaux	0,0004	

L'auteur des expériences en conclut que le noir absorbe :

8/56 = 14,28 % des matières organiques étrangères, et
13/59 = 22,03 % des matières minérales, avec une diminution de
3/7 = 42,85 % sur la chaux,

et cette conclusion est fort logique, en apparence. Elle n'est, cependant, que mal déduite. La vérité est que, pour enlever la *totalité* des matières organiques, il aurait fallu près de *sept filtrations* sur une quantité de noir égale, que l'absorption des matières minérales en aurait réclamé *cinq*, et celle de la chaux seulement *deux et demie*. Nous le demandons à tous les hommes sérieux, aussi bien aux chimistes qui n'ont pas d'intérêt dans la question du noir qu'aux fabricants eux-mêmes, l'emploi du noir comme absorbant mérite-t-il les éloges outrés de ses panégyristes, surtout lorsqu'on met, en regard de ce qu'il coûte, la quantité de sucre qu'il retient et qui est perdue, avec la quantité énorme qu'il conviendrait d'en employer pour atteindre un résultat complet? Or, si ce n'est qu'un palliatif, qu'un amé-

liorant, nous trouvons qu'il ne vaut pas tout ce qu'on dit, qu'il ne rend pas ce que l'on promet et qu'il cause trop d'ennuis pour ce qu'il rapporte.

Nous comprenons l'*emploi du noir comme décolorant* sur les solutions sucrées dont on a éliminé les matières azotées et autres substances organiques étrangères au sucre, dont on a séparé la chaux, dans lesquelles les alcalis ont été transformés en sels inoffensifs, *pourvu que le noir lui-même ne soit pas alcalin.* C'est donc, à nos yeux, un *agent complémentaire* de la purification, qui est *suffisante* sans son emploi, si l'on s'est servi judicieusement du tannin, de la chaux, de l'acide carbonique et du phosphate acide de chaux. Dans cette situation seulement, nous sommes tout aussi éloigné de le proscrire que d'en faire le pivot du travail sucrier. On peut s'en passer très-bien en fabrication; si, d'ailleurs, on décolore, par du *noir neutre*, des solutions dont on a fait disparaître d'abord les causes d'altération et de coloration ultérieure, on aura obtenu le maximum des conditions de succès. Tout le reste est de l'exagération pure.

Quoi qu'il en soit, nous aurons à revenir en détail sur ces questions et nous regardons ici le noir comme *agent de décoloration* seulement, tout en tenant compte de ses autres propriétés.

La propriété décolorante du noir étant bien constatée, on commença d'abord par s'en servir dans la *clarification*, à l'état de *noir fin*, et conjointement avec le lait (*caséine*), les œufs ou le sang (*albumine*); puis, on arriva à se contenter de faire subir

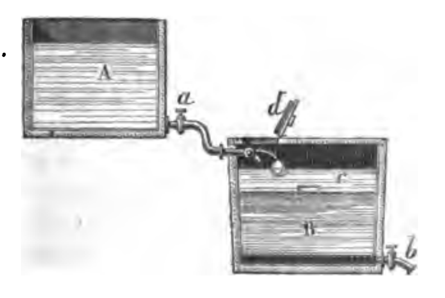


Fig. 21.

aux jus et aux sirops une ou plusieurs filtrations à travers une certaine masse de noir en grains.

M. Dumont pensa le premier à employer le *noir en grains* comme *matière filtrante* (1828) et il créa l'appareil connu sous son nom (fig. 21), et qu'on emploie encore avec quelques modifications. Nous ne décrirons pas ici cet appareil dont la figure ci-dessus donne une idée suffisante.

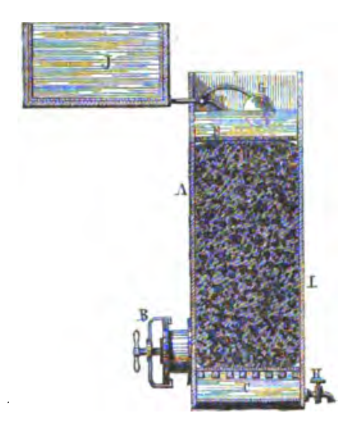


Fig. 22.

Le filtre Dumont a reçu, en sucrerie, une application presque générale. Il a été un peu modifié dans la forme, mais non pas en principe. Celui dont on a fait longtemps usage en fabrication, et même en raffinerie, est un grand cylindre de tôle ou de cuivre AI (fig. 22), pouvant contenir de 3,000 à 5,000 kilogrammes de noir; au-dessus du faux fond *c* se trouve postérieurement un trou d'homme B, pour la vidange du noir, lorsqu'il est *usé*, c'est-à-dire lorsque l'action décolorante a disparu. Un robinet F à flotteur G amène le liquide du réservoir J.

On place d'abord sur le faux fond une toile de coton mouillée, puis on charge le noir préalablement humecté; on le dispose par couches de 30 centimètres que l'on tasse au fur et à mesure. Lorsque le filtre est rempli à 40 ou 50 centimètres du bord supérieur, on recouvre le noir d'une toile humide, et l'on place sur celle-ci un disque métallique perforé. Le flotteur sert à maintenir le liquide à un niveau à peu près constant.

Nous verrons plus tard quelles modifications ont été apportées depuis à cette partie de l'outillage, et nous étudierons plus complétement cette question du noir, et l'application qui

en a été faite, surtout dans la fabrication du sucre de betterave.

Essai des noirs. — Les noirs destinés à la sucrerie doivent être *essayés* sous le double rapport de leur *action décolorante* et de leur *pouvoir absorbant*, quand on se place dans les circonstances habituelles de la fabrication. Le pouvoir absorbant ne présente aucune importance dans une fabrication rationnelle, dont les procédés concourent à l'élimination *réelle* des matières étrangères organiques et de la chaux, ainsi qu'à la transformation des bases.

Tous les *colorimètres* peuvent servir à mesurer l'intensité du pouvoir décolorant d'un noir ou d'un réactif quelconque. Ainsi, pour faire un essai de noir avec le colorimètre de M. Payen, on forme une liqueur d'épreuve avec une solution de 10 parties de caramel dans 1,000 parties d'eau. On prend un décilitre de cette liqueur d'épreuve, que l'on met dans un flacon de 180 grammes, avec 2 grammes de charbon pulvérisé; on agite vivement pendant une minute, puis on filtre à deux reprises sur un filtre de papier joseph. On met de la liqueur d'épreuve non traitée par le charbon dans le cylindre E, la liqueur traitée dans le tube vertical, et l'on agit sur le tube horizontal pour arriver à l'uniformité de teinte. Il ne reste plus qu'à lire le résultat obtenu sur l'échelle. Supposons que le chiffre de l'échelle, qui est 0° pour l'absence de décoloration, soit devenu 3°, pour la liqueur d'épreuve traitée par un noir, et 2° seulement pour la liqueur traitée par un même poids d'un autre noir, on en déduit que, au point de vue de la décoloration, le premier vaut une fois et demie le second, etc.

Ce procédé est simple, et il permet aux fabricants d'apprécier la valeur des noirs livrés par le commerce. En général, le meilleur charbon animal marque 3° à l'instrument dont nous parlons, les charbons ordinaires fournissent entre 2° et 3° et le charbon végétal donne de 1°,5 à 2°, d'après les observations de M. A. Payen.

« L'instrument de M. Collardeau sert très-bien à mesurer indirectement le pouvoir décolorant des charbons et du noir animal. En effet, si l'on prend poids égaux de deux échantillons de charbon de qualités différentes, et qu'on soumette à l'action de chacun d'eux parties égales d'une même solution colorée,

ces deux liquides, dont les teintes étaient identiques avant l'opération, offriront après des teintes inégales que le colorimètre permet de déterminer comparativement. Cette détermination conduit immédiatement à celle du pouvoir décolorant des charbons. De même que, tout à l'heure, on rapportait le résultat d'un essai fait sur une matière colorante à celui qu'on avait d'abord obtenu avec une autre de même espèce; de même ici, on comparera toujours la force décolorante d'un charbon donné à celle d'un autre précédemment essayé et pris pour type. On pourrait encore prendre pour base d'évaluation le degré de décoloration d'un liquide type, et dire que telle quantité de charbon décolore de tant pour 100 ce même liquide [1]. »

Quant à la faculté des noirs pour absorber la chaux, on la dose de la manière suivante :

Dans un flacon A, on a du sucrate de chaux titré, coloré par le tournesol et dosé de manière qu'un volume soit *neutralisé exactement* par le même volume d'une solution d'acide sulfurique.

Dans un flacon B, on conserve une dissolution d'acide sulfurique telle, qu'un volume *sature exactement* le même volume de sucrate de chaux.

Dans un flacon C, on conserve la liqueur B au centième, soit étendue de 99 parties d'eau distillée pour 1 partie de liqueur normale acide. Il faudra 100 parties en volume de la liqueur C pour saturer un volume de A.

Tout cela étant compris, supposons un noir à essayer. Nous en pesons 10 grammes, et sur ces 10 grammes, placés dans un flacon à médecine, nous versons 10 centimètres cubes de sucrate de chaux A, étendus de 90 centimètres cubes d'eau distillée. Le mélange est agité avec soin à plusieurs reprises et, au bout d'un quart d'heure, le tout est jeté sur un filtre. La liqueur limpide doit servir à apprécier le pouvoir absorbant du noir.

Puisque 1 centimètre cube de la liqueur A est saturé par 1 centimètre cube de B, il le sera par 100 centimètres cubes de la *liqueur centime* C. Si donc nous mettons, dans un tube gradué par demi-centimètres, après y avoir ajouté une goutte de teinture de tournesol ou de violette, 10 centimètres cubes du li-

1. J. Salleron (*loc. cit.*).

quide traité par le noir, lesquels représentent 1 centimètre cube de liqueur normale A, nous pouvons chercher quelle est la quantité de liqueur centime C qu'il faut ajouter pour la neutraliser, et nous jugerons la puissance absorbante du noir essayé.

Prenons quelques chiffres pour fixer les idées.

Soit dans le tube d'essai :

20 divisions = 10 centimètres cubes de liqueur A *étendue* au $\frac{1}{10}$, traitée par le noir, quantité qui égale 1 centimètre cube de la liqueur A normale.

Nous devrions verser pour la saturation du sucrate :

200 divisions = 100 centimètres cubes de la liqueur centime C, puisque ces 200 divisions répondent à 1 centimètre cube de liqueur acide normale B. En opérant lentement et en agitant après chaque addition, nous trouvons que la neutralisation est obtenue lorsque nous avons versé 40 divisions ou 20 centimètres cubes, soit 20 pour 100 de la quantité normale. Le noir a donc absorbé l'équivalent de 160 divisions ou 80 centimètres cubes, soit 80 pour 100. Sa force absorbante sera de $\frac{80}{100}$ Si nous essayons comparativement plusieurs noirs, nous les trouverons de différentes forces et nous établirons facilement quelle est leur valeur vénale ou manufacturière *relative*.

Ce procédé, fort exact en lui-même, ne préjuge rien sur les causes théoriques du pouvoir absorbant[1].

Nous procédons habituellement d'une façon plus complète et plus exacte qu'on ne le fait habituellement. Comme il arrive

1. On peut apprécier par ce moyen quelle est la quantité de chaux qui sera absorbée par le noir... Puisque la liqueur sulfurique B neutralise son volume de sucrate de chaux, si l'on prend 1 décilitre de cette liqueur au centième, représentant 1 centimètre cube de sucrate, et que, après l'avoir placé dans un vase sur le plateau d'une balance et avoir équilibré le tout par des poids, on y introduise peu à peu, en agitant, de la chaux vive finement pulvérisée, jusqu'à saturation exacte, les poids qu'il faudra ajouter pour rétablir l'équilibre représenteront exactement la chaux employée, soit, *par exemple* : $0^{gr},06$. Ces 6 centigrammes représentent l'action de 1 centimètre cube de liqueur normale acide B et répondent à la chaux contenue dans 1 centimètre cube du sucrate d'essai. Or, 10 grammes de noir ont absorbé les $\frac{80}{100}$ de la chaux contenue dans la liqueur essayée (= 10 centimètres cubes de A = 0,06 dé-

que la plupart des noirs contiennent de la chaux caustique, et même des alcalis; comme, d'ailleurs, les fabricants de noir, sachant que la potasse exalte le pouvoir décolorant du noir, pourraient fort bien être tentés d'en ajouter à la calcination, nous croyons utile de doser l'alcalinité du noir essayé avant d'en mesurer le pouvoir décolorant ou le pouvoir absorbant. D'un autre côté, il est bon que les fabricants de sucre sachent que le noir peut absorber de 10 à 22 0/0 de son poids d'eau, sans que l'apparence extérieure du produit soit changée.

Nous pesons donc 100 grammes du noir donné et nous faisons sécher au bain-marie jusqu'à ce que le poids ne diminue plus et nous pesons de nouveau. Nous obtenons ainsi, par la différence des pesées, le chiffre de l'eau hygrométrique. Le noir est ensuite soumis à l'ébullition avec 250 grammes d'eau distillée, tenant en dissolution 4 à 5 0/0 de sucre pur, dans le but d'enlever les alcalis et la chaux libre, celle-ci étant plus soluble dans l'eau sucrée que dans l'eau simple. La masse est filtrée, lavée à plusieurs reprises, et le liquide est concentré, s'il est trop étendu et qu'il ne bleuisse pas franchement le papier réactif rouge. La liqueur est alors fractionnée en deux parties égales, dont l'une est essayée par la liqueur acide alcalimétrique, et l'autre par la solution d'oxalate d'ammoniaque. On obtient ainsi la valeur totale de l'alcalinité, la proportion de la chaux et, par suite, celle des alcalis et de l'ammoniaque. Après ces constatations, il ne reste plus qu'à faire l'essai du pouvoir décolorant et du pouvoir absorbant, comme il a été dit plus haut.

Pratique industrielle de la décoloration des jus. — La marche habituelle de la fabrication consiste à filtrer sur noir les jus déféqués et carbonatés; les liquides sont ensuite évaporés jusque vers 12° ou 15° B et ils subissent une nouvelle décoloration; après une concentration à 25° ou 28° B, on fait une troisième filtration avant la *cuite*. Il y a des fabricants chez lesquels on n'opère qu'une seule filtration vers 27° B. C'est à ce moment

cigrammes), soit 0,006 × 80 = 4,80... 10 grammes du noir essayé ont absorbé 0,480 de chaux, ce noir absorbera donc par kilogramme 48 grammes de chaux.

Il n'est besoin que de doser une fois la liqueur acide pour pouvoir se rendre compte par le calcul du pouvoir absorbant positif de tous les noirs soumis à l'essai.

que les sels peu solubles, comme le sulfate de chaux, se séparent des liqueurs.

Chez d'autres fabricants, on supprime la filtration intermédiaire à 15° B. La meilleure marche serait celle-ci : Extraction du jus et débourbage mécanique; défécation, saturation, transformation des alcalis, débourbage des portions troubles seulement, concentration à 15° B et filtration sur noir neutre; concentration à 28° B et deuxième filtration sur noir; cuite.

En général, un liquide ne se filtre bien que lorsqu'on lui a fait déposer les particules ténues qu'il tenait en suspension. On peut opérer cette séparation par la décantation, par le débourbage.

Lorsque le noir n'a plus d'action, on le soumet à un lavage dont les eaux sont réunies à d'autres jus, puis on le retire par le trou d'homme, et on l'envoie à la *revivification*.

C'est Pajot des Charmes qui a annoncé le premier la propriété du *noir usé* de reprendre sa puissance décolorante par une nouvelle calcination, et cette opération, qu'on a appelée revivification, sera l'objet de l'attention qu'elle mérite, lorsque nous traiterons de la fabrication du noir.

En somme, la fabrication sucrière se trouve en présence d'une double alternative. Elle est obligée, ou bien de suivre les errements routiniers du travail vulgaire, c'est-à-dire de chauler à la défécation, ce qui met les alcalis en liberté, de saturer par l'acide carbonique, ce qui n'empêche pas l'action des bases sur le sucre, puisque la saturation laisse de la chaux dans les jus et que les carbonates alcalins se décomposent (page 37); de s'en rapporter au noir pour enlever une coloration qui se reproduira quand même, tant qu'il restera des alcalis libres ou carbonatés en présence du sucre (*action des alcalis*, page 35); enfin, de demander à ce même noir l'élimination partielle de la chaux et des alcalis, lorsque cette élimination n'atteint qu'une très-minime fraction du chiffre total... Ou bien, toutes les périodes du travail de purification concourent au même but : l'emploi du tannin sépare les matières azotées et une foule d'autres substances organiques ou minérales étrangères au sucre et permet de restreindre la proportion de la chaux; un chaulage modéré complète l'action du tannin et en chasse l'excès; une saturation soignée élimine la chaux presque entièrement; l'emploi du phosphate acide de

chaux chasse le reste de cette base, en sorte que l'on n'a plus rien à demander au noir sous ce rapport ; le phosphatage transforme les bases en sels inoffensifs ; de cette façon, si l'on veut se servir du *noir neutre*, son emploi n'aura plus d'autre but que l'utilisation de son pouvoir décolorant, avec la certitude de ne plus produire de coloration ultérieure, ce qui réduira au minimum la proportion à employer.

La situation est là tout entière et c'est à l'industrie de vérifier et de choisir ; notre rôle se borne à signaler l'écueil à craindre d'un côté, et les avantages à obtenir de l'autre, et nous ne pouvons rien de plus.

Observation sur la transmission des liquides. — Un des appareils les plus utiles employés dans la sucrerie moderne est, sans contredit, le *monte-jus*, dont le nom indique suffisamment le but et l'usage. La figure 23 montre la disposition et la forme qu'on adopte le plus généralement.

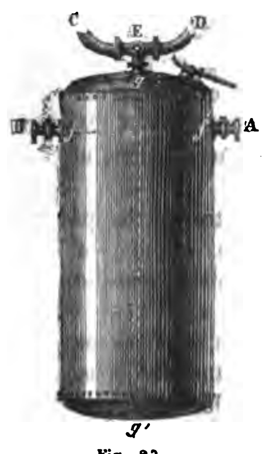


Fig. 23.

Si nous supposons un cylindre vide, de forte tôle, dans lequel plonge, jusqu'à une très-petite distance du fond, un tube aspirateur gg', communiquant, à l'aide du robinet E, avec un ou même deux tubes conducteurs CD, et que nous placions un tube à robinet A pour l'introduction d'un liquide quelconque, un tube de trop-plein B pour indiquer le moment où la liqueur introduite a atteint la ligne de niveau *ff* et, de plus, sur le sommet de l'appareil, un tube destiné à amener de la vapeur, nous aurons toutes les pièces importantes, tous les organes essentiels d'un monte-jus.

La marche en est facile à saisir.

On ouvre le robinet A, et le liquide à faire monter s'introduit dans l'appareil. Lorsqu'il est arrivé au niveau *ff*, on ferme les robinets A et B. On introduit alors la vapeur après avoir ouvert le robinet E, s'il ne l'était déjà. Cette vapeur fait pression en *ff* sur le liquide, et le force à monter, par le tube aspirateur

yg', à une hauteur donnée, d'autant plus considérable qu'elle est sous une plus grande pression.[1]

Lorsque le liquide est monté, on intercepte la vapeur, on ouvre de nouveau les robinets A et B, et l'on remplit le cylindre dont on dirige le contenu à sa destination.

Dans ces conditions, les monte-jus pourront élever des liquides, jus, moûts ou sirops, du point le plus bas de la fabrique au point le plus élevé, et l'on suppléera ainsi à la disposition naturelle des lieux, à l'emploi des pompes, à de pénibles ma-

1. On comprend, par exemple, que, si la vapeur pénètre dans l'appareil sous une pression de 5 atmosphères, on pourra élever une colonne d'eau à $10^m,26 \times 5$, soit $51^m,30$, et que l'ascension d'un liquide donné, sous une pression uniforme, sera en raison inverse de sa densité comparée à celle de l'eau. Dans de telles circonstances, avec une pression de 5 atmosphères, le mercure ne s'élèverait qu'à $0^m,76 \times 5 = 3^m,80$ seulement.

Les sirops s'élèveront moins que l'eau simple, et la diminution d'élévation sera en raison de leur densité. On peut admettre la formule suivante :

Soit *a* la densité de l'eau. Soit *b* l'élévation de l'eau sous la pression atmosphérique, égale pour l'unité à $10^m,26$. Soit *c* la densité du liquide à élever. Soit *b'* l'élévation de ce liquide, sous la pression atmosphérique, égale pour l'unité à la valeur $\frac{ab}{c}$.

Enfin, soit *d* le coefficient de la pression réelle sous laquelle se trouve la vapeur introduite. On aura pour base de l'élévation proportionnelle la relation : $b = 10,26 \times d :: b' = \frac{ab}{c} \times d$.

Admettons, pour donner un corps à cette formule, que nous aurons, *au maximum*, à faire élever des sirops à 1321 de densité, sous une pression habituelle de 3 atmosphères 1/2... On devra chercher la valeur de *b'* pour cette densité 1321 à l'aide du rapport $\frac{ab}{c}$; on trouvera cette valeur :

$$\frac{1000 \times 10,26}{1321} = 7,76684\ldots \text{ pour représentation numérique de } b'.$$

Si l'on exécute la formule $b' = 10,26 \times d :: b = \frac{ab}{c} \times d$, on sera conduit pour la pression de $3^{atm},5$ aux chiffres proportionnels suivants :

$$10,26 \times 3,5 : 35,91 :: 7,76684 \times 3,5 : 27,1894.$$

Nous en concluons qu'une pression de 3 atmosphères 1/2 peut porter des sirops de 1321 de densité à $27^m,1894$ de hauteur, en ne tenant pas compte des résistances, du frottement, etc. On comprend, par ce seul exemple, combien il est aisé de se rendre compte de la hauteur à laquelle on peut faire parvenir un liquide donné, lorsque l'on en connaît la plus grande densité, et la pression moyenne de la vapeur dont on dispose. Il va de soi que ces calculs n'ont qu'une valeur approximative ; mais on peut s'y conformer en pratique, en diminuant toutefois *un douzième* pour les résistances.

Pour les liquides moins denses que l'eau, la valeur de *b'* est toujours représentée par la formule $\frac{ab}{c}$, mais ce cas ne se présente pas en sucrerie.

nœuvres, etc. Les réservoirs, les citernes peuvent être mis en communication avec un monte-jus, de manière à se vider entièrement au besoin, et l'on peut diriger les liquides vers tel point de l'usine que l'on désire. Ce genre d'appareil est très-usité en sucrerie aussi bien qu'en alcoolisation, et il rend les plus grands services. Selon la place dont on dispose, on adopte le monte-jus vertical représenté par la figure 23 ci-dessus, ou en-

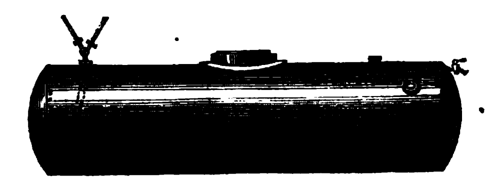


Fig. 24.

core la construction horizontale (fig. 24), qui offre exactement les mêmes avantages, la forme du monte-jus n'ayant qu'une importance très-secondaire.

IV. — CONCENTRATION DU JUS PURIFIÉ.

Nous supposerons maintenant que le fabricant de sucre, après avoir extrait le *maximum* du jus sucré de sa matière première, a fait la *purification de ce jus* d'une manière aussi complète que possible et qu'il a rapproché ses liquides de la composition de l'*eau sucrée*... Pour obtenir la séparation du sucre à l'état de cristaux, il ne s'agit plus que d'éliminer une proportion d'eau telle que le sucre ne soit plus soluble dans le reste et que, s'il demeure à l'état liquide, ce soit par l'effet de la chaleur, plutôt que par l'effet d'une véritable dissolution.

Or, le sucre est soluble dans le tiers de son poids d'eau à froid et il est soluble presque en toutes proportions dans l'eau bouillante. Il en résulte que, si 1,000 parties de sucre sont dissoutes dans 1,000 parties d'eau, il faudra séparer, par la vaporisation, *plus* de 866,7 parties de l'eau de dissolution, puisque les 1,000 parties de sucre restent dissoutes, à la température ordinaire, dans 333 parties d'eau.

A partir du moment où il ne reste plus que 333 parties d'eau avec 1;000 parties de sucre, toute portion d'eau que l'on enlève correspond à la *cristallisation possible d'un poids triple de sucre.*

Ainsi, dans le cas supposé de 1,000 parties de sucre avec 333 d'eau, si l'on évapore jusqu'à ce qu'il ne reste plus que

$$\frac{333}{2} = 166,5$$

parties d'eau, comme ces 166,5 parties d'eau ne peuvent retenir en dissolution, après refroidissement, que $166,5 \times 3 = 499,5$ parties de sucre, il y aura forcément cristallisation de la moitié du sucre dissous, pourvu qu'une cause physique ou chimique quelconque ne s'oppose pas à cette cristallisation. Lorsqu'on ne laisse que 10 0/0 d'eau dans le sucre, la *masse* se compose de sucre, etc. 90, et eau, 10; la cristallisation doit rendre 60 de sucre et il reste 40 d'eau-mère (*sirop dégout* ou *mélasse*), renfermant 30 de sucre etc., et 10 d'eau. Que l'on enlève à ce résidu 7 parties d'eau, on fera encore cristalliser 21 de sucre, sous la réserve mentionnée tout à l'heure.

Ceci posé comme indication sommaire, on peut dire que la concentration consiste à enlever, par vaporisation, aux jus sucrés, purifiés, toute la quantité d'eau excédante, qui empêcherait le sucre de cristalliser, en le maintenant en dissolution. Dans la pratique, cependant, cette opération se scinde en deux parties. Dans un premier travail, auquel on conserve le nom de *concentration*, on amène le jus sucré à la densité de 27° B (env. 1230), puis on procède à une filtration du *sirop* pour éliminer les matières suspendues, devenues moins solubles par le fait de la concentration même et, dans la marche habituelle, pour décolorer le produit. Après cette filtration, on complète la concentration, c'est-à-dire la séparation de l'eau, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus qu'une très-faible proportion, de manière à obtenir une cristallisation facile. C'est ce complément de concentration ou d'évaporation que l'on appelle vulgairement la *cuite*.

Ainsi, les principes généraux qui servent de guide dans la pratique de la cristallisation sont applicables au sucre prismatique, aussi bien qu'à tous les corps cristallisables dont la solubilité est plus grande à chaud qu'à froid. Il faut amener la solution aqueuse de sucre à un degré tel de saturation *à chaud*, que le corps cristallisable puisse se prendre en masse cristalline par un *refroidissement méthodique*, et le seul moyen pratique qui existe pour arriver à ce résultat consiste à séparer la

plus grande partie de l'eau dissolvante par l'action du calorique[1].

Nous consacrerons ce paragraphe à la *concentration proprement dite*, c'est-à-dire à la première partie du travail d'évaporation.

La vaporisation de l'eau se produit par deux méthodes : le *chauffage à feu nu* et le *chauffage à la vapeur*. Nous y joindrons le *chauffage par l'air chaud*. Dans tous les cas, on peut agir sous la pression de l'atmosphère, *à l'air libre*, ou en supprimant tout ou partie de cette pression, c'est-à-dire en vases clos, ou *dans le vide*. Avant de passer à l'étude de ces manières d'opérer, nous croyons utile de rappeler à nos lecteurs quelques données générales sur la *chaleur*, sur la valeur des *combustibles*, sur la *vapeur* et son application, et sur les effets du *vide*.

Généralités sur la chaleur. — On sait que nous ne possédons aucun moyen scientifique d'apprécier *absolument* la *quantité de la chaleur* et que la comparaison des effets produits est le seul mode de mensuration qui soit à notre disposition. Tous les corps se dilatant quand ils absorbent du calorique, on a pris la dilatation pour point de départ dans la construction des appareils qui servent à apprécier la chaleur.

Nous en dirons quelques mots dans un instant. Il nous suffit actuellement de savoir que l'on a partagé en 100 divisions ou degrés la dilatation linéaire subie par une colonne de mercure entre la température de la glace fondante et celle de l'ébullition de l'eau (*échelle centigrade*).

Les différents corps n'absorbent ou ne perdent pas la même quantité de chaleur pour que leur température s'élève ou s'abaisse également ; les corps ne possèdent pas la même *capacité pour la chaleur*, et l'on appelle *capacité calorifique*, ou *chaleur spécifique* d'un corps, la *quantité de chaleur* qu'il doit acquérir ou perdre, pour que sa température s'élève ou s'abaisse d'un degré, c'est-à-dire de la centième partie de la chaleur exigée par l'eau pour passer de la glace fondante à l'ébullition à l'air libre.

1. L'action du froid, qui pourrait être utilisée à la cristallisation, n'aurait pas un emploi rationnel pour la séparation de l'eau. En tout cas, rien de sérieux n'a été indiqué sous ce rapport.

Dans ces conditions, on a pris, *conventionnellement*, pour *unité de chaleur*, ou *calorie*, la *chaleur spécifique de l'eau*, c'est-à-dire la *quantité acquise ou perdue par un kilogramme d'eau pour s'échauffer ou se refroidir de un degré* (*centigrade*). C'est par l'expérience seulement que l'on peut arriver à connaître la chaleur spécifique des corps différents de l'eau. Par des recherches ingénieuses, on est parvenu à établir la capacité calorifique d'un très-grand nombre de corps, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour faire varier leur température de 1°, la chaleur spécifique de l'eau étant l'unité. Voici quelques indications à ce sujet.

Noms des corps.	Chaleurs spécifiques.
Eau	1,000
Noir animal	0,2608
Charbon	0,24111
Craie	0,21485
Alcool	0,652
Sucre	0,6847

La chaleur spécifique de l'air n'est que de 0,2669; celle de la vapeur d'eau est de 0,4803; celle de la vapeur d'alcool de 0,4534 et celle de l'acide carbonique de 0,2163.

D'après ce qui vient d'être dit, on comprend qu'il faille faire une différence essentielle entre la température d'un corps et la quantité de calorique absorbée par ce corps pour atteindre cette température.

Lors donc que l'on mesure la température d'un liquide, de l'alcool, par exemple, si l'on trouve que cette température égale +50°, on ne doit pas en tirer de déduction erronée; car, si, pour arriver de 0° à +50°, l'eau absorbe 50 *calories*, l'alcool n'absorbe que 50 × 0,652 = 32 cal. 60, ce qui est fort loin d'être la même chose, quoique les deux corps soient au même degré.

Les degrés de température se rapportent à l'eau, prise comme type et comme terme conventionnel.

Mesure de la chaleur. — Les instruments qui servent le plus communément à mesurer la température des corps sont connus sous le nom de *thermomètres*. La construction en est basée sur la dilatation éprouvée par un liquide donné, comme l'alcool ou le mercure, entre deux points fixes, pour lesquels on a adopté

le degré de température de la glace fondante et celui de l'ébullition de l'eau. Si nous supposons une colonne de mercure, renfermée dans une enveloppe transparente et que nous la soumettions à l'action du froid, au point fixe de la glace fondante, nous pourrons noter le sommet de la colonne, à ce point, et regarder cette notation comme un repère pour cette température. Si nous transportons la colonne liquide dans de l'eau bouillante, la dilatation fera occuper plus d'espace à la liqueur et le sommet de la colonne s'élèvera jusqu'à ce qu'il reste fixe en un point B, qui répondra évidemment à la température de l'eau bouillante et qui pourra servir à constater cette même température partout ailleurs.

Si, d'ailleurs, le tube servant d'enveloppe au liquide dilatable indicateur est d'un diamètre parfaitement égal, au moins entre les points A et B, il est clair que l'on pourra partager l'intervalle qui les sépare en un certain nombre de divisions égales, qui seront des fractions linéaires de cet intervalle.

On conçoit que les thermomètres, ainsi construits, pourront servir à mesurer les températures entre le point de congélation et le point d'ébullition du liquide employé. La manière dont est divisé l'intervalle entre les deux points fixes, adoptés conventionnellement, est la *graduation* de l'instrument, et cette graduation porte encore le nom d'*échelle thermométrique*.

On emploie différentes graduations adoptées chez divers peuples, et il est utile, dans les questions industrielles à étudier, de connaître la valeur comparative des échelles employées.

L'*échelle centigrade*, imaginée par Celsius, marque 0 degré à la température de la glace fondante et 100 degrés dans l'eau bouillante. Le *thermomètre de Réaumur* offre les mêmes points fixes, mais l'intervalle n'est partagé qu'en 80 divisions au lieu de 100. Il en résulte que 100 degrés centigrades égalant 80 degrés Réaumur, on peut passer des degrés centigrades aux degrés de l'échelle de Réaumur par une formule très-simple. C représentant le nombre des degrés centigrades et R celui des degrés de Réaumur, on a :

$$C = R \times \frac{5}{4} \text{ et } R = C \times \frac{4}{5}.$$

Ainsi, 20° Réaumur, par exemple, égalent $\frac{20}{4} \times 5 = 25$ degrés

centigrades et 20 degrés centigrades égalent $\frac{20}{5} \times 4 = 16$ degrés Réaumur, c'est-à-dire que 5 degrés centigrades valent 4 degrés Réaumur.

En Angleterre, on suit principalement les indications de l'*échelle de Fahrenheit*, laquelle est partagée en 212 divisions. Le 212e degré répond à 100 degrés du thermomètre centigrade (80 R) et le 32e degré Fahrenheit correspond à 0 degré ou au point de la glace fondante, dans les échelles de Réaumur et centigrade. Les 100 divisions de l'échelle centigrade égalent les 180 divisions de l'échelle de Fahrenheit, au-dessus du point 32°.

Pour calculer les degrés de Fahrenheit en degrés centigrades, il faut donc retrancher des premiers le nombre 32, marquant des indications inférieures à 0 degré centigrade et résoudre numériquement l'égalité $\frac{F - 32}{C} = \frac{180}{100}$, F marquant les degrés de Fahrenheit et C ceux de l'échelle centigrade. De même, pour la valeur de F en degrés R, de Réaumur, on aurait l'égalité

$$\frac{F - 32}{R} = \frac{180}{80}.$$

De ces égalités on tire les expressions plus simples :

$$(F - 32) \times \frac{5}{9} = C, \text{ et } \left(C \times \frac{9}{5}\right) + 32 = F,$$

et encore

$$(F - 32) \times \frac{4}{9} = R, \text{ et } \left(R \times \frac{9}{4}\right) + 32 = F.$$

En d'autres termes, les $\frac{5}{9}$ d'un nombre quelconque de degrés de Fahrenheit, diminué de 32, donnent le chiffre correspondant en degrés centigrades. Les $\frac{9}{5}$ d'un nombre donné de degrés centigrades, augmenté de 32, donnent le chiffre des degrés de Fahrenheit. Pour la conversion des degrés de Fahrenheit en degrés Réaumur, et réciproquement, l'expression est la même, en substituant $\frac{4}{9}$ à $\frac{5}{9}$ et $\frac{9}{4}$ à $\frac{9}{5}$.

Ainsi, 125 degrés F $= 125 - 32$ ($= 93$) $\times \frac{5}{9} = 51°,60$ centigrades et 60 degrés centigrades $= 60 \times \frac{9}{5} = 108 + 32 = 140$ degrés F.

On trouverait de même, par les facteurs $\frac{4}{9}$ et $\frac{9}{4}$, que 125° F valent 41°,33 R, et que 60 degrés R valent $135 + 32 = 167$ F... En somme, au-dessus de 32° F, c'est-à-dire à partir de 0 degré C et R, jusqu'à 212 degrés (+ 100° C ou 80° R), 1 degré F vaut 0°,5555... centigrades, ou 0°,4444... Réaumur; 1 degré centigrade égale 1°8 F, et 1 degré Réaumur vaut 2°25 F.

Ces trois échelles suivent la gradation ascendante des basses températures vers les températures élevées. En Russie, on se sert souvent de l'*échelle de Delisle*, dont la marche est inverse et qui indique 150 degrés au point de la glace fondante, et 0 degré au point de l'ébullition de l'eau sous la pression normale.

Nous avons à peine besoin de faire observer que la division centésimale est la plus commode, la plus rationnelle et la moins arbitraire. Elle est aussi la plus complète, car il est très-facile d'apprécier des dixièmes de degré, qui représentent la millième partie de la température entre 0° et + 100°. Comme elle se trouve, d'ailleurs, en accord parfait avec le système français de poids et de mesures qui est fondé sur les bases mêmes de la numération moderne, c'est cette division qui mérite, à tous égards, la préférence des observateurs.

Afin d'éviter, pour nos lecteurs, les ennuis des calculs de transformation, nous avons dressé la table de concordance suivante, entre les indications des principaux thermomètres, que nous rapportons au thermomètre centigrade.

Table de concordance des indications des principaux thermomètres avec le thermomètre centigrade.

CENTIGRADE. C.	RÉAUMUR. R.	FAHRENHEIT. F.	DELISLE. D.
0°	0°,0	32°,0	150°,0
1	0 ,8	33 ,8	148 ,5
2	1 ,6	35 ,6	147 ,0
3	2 ,4	37 ,4	145 ,5
4	3 ,2	39 ,2	144 ,0
5	4 ,0	41 ,0	142 ,5
6	4 ,8	42 ,8	141 ,0
7	5 ,6	44 ,6	139 ,5
8	6 ,4	46 ,4	138 ,0
9	7 ,2	48 ,2	136 ,5
10	8 ,0	50 ,0	135 ,0
11	8 ,8	51 ,8	133 ,5
12	9 ,6	53 ,6	132 ,0
13	10 ,4	55 ,4	130 ,5
14	11 ,2	57 ,2	129 ,0
15	12 ,0	59 ,0	127 ,5
16	12 ,8	60 ,8	126 ,0
17	13 ,6	62 ,6	124 ,5
18	14 ,4	64 ,4	123 ,0
19	15 ,2	66 ,2	121 ,5
20	16 ,0	68 ,0	120 ,0
21	16 ,8	69 ,8	118 ,5
22	17 ,6	71 ,6	117 ,0
23	18 ,4	73 ,4	115 ,5
24	19 ,2	75 ,2	114 ,0
25	20 ,0	77 ,0	112 ,5
26	20 ,8	78 ,8	111 ,0
27	21 ,6	80 ,6	109 ,5
28	22 ,4	82 ,4	108 ,0
29	23 ,2	84 ,2	106 ,5
30	24 ,0	86 ,0	105 ,0
31	24 ,8	87 ,8	103 ,5
32	25 ,6	89 ,6	102 ,0
33	26 ,4	91 ,4	100 ,5
34	27 ,2	93 ,2	99 ,0
35	28 ,0	95 ,0	97 ,5
36	28 ,8	96 ,8	96 ,0
37	29 ,6	98 ,6	94 ,5
38	30 ,4	100 ,4	93 ,0
39	31 ,2	102 ,2	91 ,5
40	32 ,0	104 ,0	90 ,0
41	32 ,8	105 ,8	88 ,5
42	33 ,6	107 ,6	87 ,0
43	34 ,4	109 ,4	85 ,5
44	35 ,2	111 ,2	84 ,0
45	36 ,0	113 ,0	82 ,5
46	36 ,8	114 ,8	81 ,0
47	37 ,6	116 ,6	79 ,5
48	38 ,4	118 ,4	78 ,0
49	39 ,2	120 ,2	76 ,5
50	40 ,0	122 ,0	75 ,0

Table de concordance des indications des principaux thermomètres avec le thermomètre centigrade (Suite).

CENTIGRADE. C.	RÉAUMUR. R.	FAHRENHEIT. F.	DELISLE. D.
51°	40°,8	123°,8	73°,5
52	41,6	125,6	72,0
53	42,4	127,4	70,5
54	43,2	129,2	69,0
55	44,0	131,0	67,5
56	44,8	132,8	66,0
57	45,6	134,6	64,5
58	46,4	136,4	63,0
59	47,2	138,2	61,5
60	48,0	140,0	60,0
61	48,8	141,8	58,5
62	49,6	143,6	57,0
63	50,4	145,4	55,5
64	51,2	147,2	54,0
65	52,0	149,0	52,5
66	52,8	150,8	51,0
67	53,6	152,6	49,5
68	54,4	154,4	48,0
69	55,2	156,2	46,5
70	56,0	158,0	45,0
71	56,8	159,8	43,5
72	57,6	161,6	42,0
73	58,4	163,4	40,5
74	59,2	165,2	39,0
75	60,0	167,0	37,5
76	60,8	168,8	36,0
77	61,6	170,6	34,5
78	62,4	172,4	33,0
79	63,2	175,2	31,5
80	64,0	176,0	30,0
81	64,8	177,8	28,5
82	65,6	179,6	27,0
83	66,4	181,4	25,5
84	67,2	183,2	24,0
85	68,0	185,0	22,5
86	68,8	186,8	21,0
87	69,6	188,6	19,5
88	70,4	190,4	18,0
89	71,2	192,2	16,5
90	72,0	194,0	15,0
91	72,8	195,8	13,5
92	73,6	197,6	12,0
93	74,4	199,4	10,5
94	75,2	201,2	9,0
95	76,0	203,0	7,5
96	76,8	205,8	6,0
97	77,6	207,6	4,5
98	78,4	209,4	3,0
99	79,2	211,2	1,5
100	80,0	212,0	0,0

En France, la graduation de Réaumur est tombée en désuétude et l'on ne se sert plus que des indications du thermomètre centigrade, lesquelles sont beaucoup plus commodes dans la pratique. C'est la graduation centigrade que nous avons suivie dans cet ouvrage.

L'évaluation thermométrique de la température des jus, des moûts et des sirops, étant d'une nécessité rigoureuse en sucrerie, nous ajouterons que, pour toutes les évaluations de —50° à + 200°, le thermomètre à mercure doit être préféré aux instruments construits avec d'autres liquides, parce qu'il donne des indications toujours comparables entre ces limites.

Valeur de quelques combustibles. — La source usuelle de la chaleur appliquée en industrie se trouve dans la combustion des corps combustibles, c'est-à-dire dans l'oxydation des matières renfermant du carbone et de l'hydrogène, ou bien l'un ou l'autre de ces corps, à l'état de mélange plus ou moins pur, par l'action de l'oxygène ou de l'air atmosphérique.

D'après la définition de la *calorie* ou *unité de chaleur*, nous comprenons, sous cette expression, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centigrade la température de 1 kilogramme d'eau. Or, l'expérience vulgaire apprend que, par leur combustion totale, et à poids égal, les différentes matières que nous brûlons dans nos foyers sont loin de *chauffer également*, c'est-à-dire de dégager une même quantité de chaleur. L'étude comparative des diverses matières combustibles a fourni des chiffres fort intéressants, dont la connaissance importe à l'industriel qui doit produire de la chaleur.

Substances brûlées poids commun : 1 kilogramme.	Nombre de calories dégagées.
Hydrogène	34,462,0
Pétrole	11,158,6
Essence de térébenthine	10,852,0
Huile d'olives	9,862,0
Charbon de bois	8,080,0
Graphite naturel	7,797,0
Carbone pur (diamant)	7,770,0
Alcool absolu	7,184,0
Oxyde de carbone	2,403,0

Le pouvoir calorique du *charbon de bois* n'est porté par quelques observateurs qu'à 6750 calories. Celui du *bois*, séché à

l'air et conservant le quart de son poids d'eau, est de 2850. La *tourbe*, de bonne qualité, ne peut guère être évaluée au-dessus de 3300 calories, et ce chiffre serait trop élevé pour les variétés qui contiennent beaucoup de matières minérales. Selon M. J. Ebelmen, les principales *houilles* présenteraient les pouvoirs calorifiques consignés au tableau suivant, que nous disposons par valeurs décroissantes.

Asphalte de Cuba....................	7,500	calories.
Houille grasse dure d'Alais...........	7,370	«
Anthracite du pays de Galles..........	7,300	«
Houille grasse maréchale de Rive-de-Gier.	7,270	«
Cannel coal du Lancashire............	7,050	«
Anthracite de Lamure...............	6,800	«
Houille grasse de Commentry.........	6,730	«
Lignite bitumineux d'Ellbogen.........	6,580	«
Houille sèche de Blanzy.............	6,230	«
Lignite parfait, Dax................	5,790	«
Lignite imparfait, Grèce.............	4,830	«
Bois fossile d'Usnach...............	4,320	«

Le pouvoir calorifique moyen du *coke*, avec 10 à 15 0/0 de cendres, varie entre 5700 et 6000 calories.

On peut, d'ailleurs, lorsque l'on connaît la composition analytique d'un composé combustible, en déduire le pouvoir calorifique d'une manière assez précise. On sait que le charbon pur (éq. $= 75$), en se combinant à l'oxygène pour former de l'acide carbonique, c'est-à-dire pour se brûler *complétement*, dégage 7770 calories par kilogramme. En d'autres termes, 75 parties de carbone, en s'unissant à 200 parties d'oxygène, donnent 583 calories 275, c'est-à-dire 7 calories 77 par gramme. De même, l'équivalent d'hydrogène, $= 12,50$, en formant de l'eau avec 100 d'oxygène, dégage 430 calories 775, ou 34 calories 462 par gramme.

C'est par un calcul reposant sur ces bases que le chiffre du pouvoir calorifique du *pétrole* a été obtenu. Les autres sont déduits de l'expérience.

De la vapeur d'eau et de son application à la sucrerie. — Lorsque l'on soumet l'eau à l'action graduelle de la chaleur, on constate que ce liquide se dilate, augmente de volume, et dégage, par sa surface, des *vapeurs*, dont la proportion s'accroît avec la température. Lorsque l'on continue l'application du

calorique, les portions d'eau qui touchent les parois du vase exposé à cette action prennent l'*état gazeux* et, en vertu d'une plus faible densité, s'élèvent dans la liqueur, dont une partie prend la place des portions gazéifiées. Mais les bulles gazeuses, en montant à travers la couche plus froide qui les surmonte, lui cèdent leur calorique, se condensent de nouveau, et se mettent en équilibre de température avec la masse qu'elles ont échauffée d'une certaine quantité. Les nouvelles bulles qui s'élèvent agissent de même; mais il arrive un moment où la masse a acquis, aux dépens de la chaleur des bulles, une température telle que celles-ci ne se condensent plus en la traversant, et qu'elles s'échappent par la surface à l'état de vapeurs ou de gaz condensables. Comme le fait se reproduit constamment, si l'action de la chaleur est maintenue, il se produit dans la masse un double mouvement, celui des bulles gazeuses qui *s'élèvent* à la surface et celui des parties liquides qui *redescendent* pour prendre la place des portions vaporisées. Ce phénomène a reçu le nom d'*ébullition* et l'on appelle *vaporisation* le changement d'un liquide en vapeurs sous l'influence de la chaleur.

L'eau *bout* à + 100 degrés du thermomètre et elle absorbe, pour arriver à ce point, 100 *unités de chaleur*, ou 100 calories, c'est-à-dire que 1 kilogramme d'eau absorbe 100 fois plus de chaleur pour arriver à l'ébullition que pour passer de 0 degré à + 1 degré.

Trois lois principales régissent les faits relatifs à l'ébullition et à la vaporisation des liquides :

1° Le degré de température auquel un liquide entre en ébullition reste identique dans un vase de même nature et sous une même pression ;

2° La température d'un liquide bouillant reste la même pendant l'ébullition;

3° Un liquide, transformé en vapeur, occupe un volume beaucoup plus considérable que sous l'état liquide.

Les effets de la pression extérieure sont faciles à concevoir. L'eau ne passe à l'ébullition, à l'air libre, sous la pression atmosphérique ordinaire, de 760 millimètres, que par + 100 degrés de température, sauf dans les exceptions relatives à la nature du vase. On comprend que, si cette pression vient à diminuer, les bulles gazeuses franchiront plus aisément et plus rapi-

dement la couche liquide et qu'elles la porteront plus promptement à l'ébullition, avec une élévation moindre de température; de même, toute augmentation de pression correspondra à un ralentissement dans le temps de l'ébullition et à une exaltation de la température.

Sur une très-haute montagne l'eau bout à une température plus basse que dans une vallée; l'ébullition et la vaporisation se produisent dans le vide à de très-basses températures.

La pression restant la même, la température de l'eau bouillante reste fixe pendant l'ébullition; si la pression diminue, la température s'abaisse; elle s'augmente, au contraire, lorsque la pression augmente, en sorte que cette température, fixe dans des circonstances égales, est sujette à des variations proportionnelles à la pression.

Enfin, les vapeurs d'un liquide donné occupent une place énorme, relativement au volume du liquide qui les a produites. Un kilogramme d'eau présente un volume d'un litre à + 4 degrés. Ce litre d'eau changé en vapeur, sous la pression de 760 millimètres, ne présente plus qu'une densité de 0,622 comparativement à celle de l'air, prise pour unité. Or, un litre d'air pesant 1^{g},293187 à 0 degré et sa dilatation, pour 100 degrés, étant de 0,2665, le litre d'air ne pèse que 0^{g},946349 à + 100 degrés. La densité de la vapeur d'eau, étant de 0,622 à + 100 degrés, le litre de cette vapeur, à cette température, sous la pression de 760 millimètres, pèse 0^{g},588629078. Il en résulte qu'un kilogramme d'eau, vaporisé à + 100 degrés, occupe un volume exact de 1698^{l},86. On dit vulgairement qu'un litre d'eau fournit 1700 litres de vapeur, ce qui serait suffisamment exact, si l'on ajoutait que ce volume est relatif à la température de + 100 degrés et à la pression ordinaire.

En examinant le fait très-connu de la constance de la température des liquides bouillants, à l'air libre, on voit que, si l'on force l'application de la chaleur, on augmente seulement la quantité de vapeur produite, sans augmenter la température du liquide. L'excès de calorique a été employé à la séparation moléculaire du liquide, à un *travail réel*, qui correspond à une dilatation énorme, représentée par $\frac{1698,86}{1}$. Pendant tout le

temps que l'eau demeure dans l'état de vapeur, la chaleur employée à produire cette expansion des molécules demeure *accumulée dans la vapeur produite.*

Selon une manière de voir et d'expliquer ces choses déjà ancienne, elle y reste à l'*état latent,* elle y est cachée en quelque sorte, en ce sens que l'on ne peut *directement* démontrer la présence d'une quantité aussi considérable de calorique, et qu'elle ne redevient *sensible* que par le retour de la vapeur à l'état liquide.

Cette *chaleur latente,* accumulée dans la vapeur d'eau, serait plus justement nommée *chaleur de vaporisation* et, même, en raison du travail accompli par la désagrégation des molécules liquides, nous préférerions lui donner le nom d'*équivalent calorique de vaporisation*, malgré la longueur de cette appellation, parce qu'elle aurait au moins le mérite de fixer les idées sur le véritable point de vue des faits.

On aurait ainsi, dans l'action de la chaleur sur les corps liquides, à considérer l'*équivalent calorique d'échauffement ou d'ébullition,* représentant *numériquement* le nombre de calories nécessaire pour porter le corps de 0 degré au point d'ébullition, et l'*équivalent calorique de vaporisation* ou de *désagrégation,* représentant le nombre de calories nécessaire pour vaporiser le liquide bouillant et le porter à l'état gazeux, par un véritable travail mécanique de séparation des molécules.

La somme de ces deux équivalents formerait le chiffre de la chaleur totale absorbée par le liquide donné, pour passer de 0 degré à l'état de vapeur, sous la pression de 760 millimètres de mercure.

La chaleur absorbée pour la vaporisation est restituée par les vapeurs lorsqu'elles retournent à l'état liquide, et la totalité, ou une partie, de l'équivalent d'ébullition, est également restituée, si le milieu condensateur présente un abaissement suffisant de température.

C'est ce fait de restitution de la chaleur accumulée qui nous permet d'employer les vapeurs et surtout la vapeur d'eau, comme moyen d'échauffement de l'air, d'un liquide, ou même, comme moyen de vaporisation, puisqu'on peut transporter rapidement cette vapeur, à l'aide de tubes métalliques, dans des condensateurs où elle abandonne sa chaleur en repassant à l'état liquide.

Nous avons vu que la calorie est la quantité de chaleur qu'il faut faire absorber ou qu'il faut faire perdre à 1 kilogramme d'eau pour en faire varier la température de 1 degré. Il résulte de cette définition que l'*équivalent calorique d'ébullition* de l'eau est de 100 calories, puisque l'eau bout à + 100 degrés sous la pression normale. Il a été constaté, par des expériences très-intéressantes, dues principalement à M. Regnault, que la quantité de chaleur absorbée par 1 kilogramme d'eau à + 100 degrés, pour se vaporiser entièrement, est de 537 calories. L'*équivalent calorique de vaporisation de l'eau* est donc de 537 sous la pression normale, et la *chaleur totale*, absorbée par 1 kilogramme d'eaû, pour passer de 0 degré à l'état de vapeur, sous cette même pression, est de 100 + 537 = 637 calories.

M. Regnault a formulé ses expériences par l'équation suivante :

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\, t,$$

dans laquelle λ représente la chaleur totale. Cette équation signifie que la *chaleur totale de la vapeur d'eau égale la chaleur totale à zéro, augmentée du nombre fixe* 0,305, *multiplié par la température.* Le nombre 0,305 indique la quantité de chaleur absorbée par 1 gramme de *vapeur saturée* pour arriver à une augmentation de température de 1 degré.

La *pression* exercée par le poids de l'atmosphère sur la surface d'un liquide en ébullition est égale à $1^k{,}033$ sur chaque centimètre carré, ou à une colonne de mercure de 760 millimètres. Quand de la vapeur est produite en vase clos, si l'on pratique à ce vase une ouverture de 1 centimètre de section, et que cette ouverture soit fermée par une soupape, sous un effort de $1^k{,}033$, il est clair que, pendant tout le temps que la soupape ne sera pas chargée d'un poids plus considérable, la vapeur produite à l'intérieur ne pourra soulever la soupape que lorsque l'effort d'expansion sera en équilibre avec la résistance du poids de la colonne atmosphérique extérieure. On dit alors que la vapeur est produite sous une pression égale à celle de l'atmosphère, ou, plus brièvement, que l'on produit de la vapeur à une atmosphère.

Quand on continue à chauffer le liquide du vase clos (générateur), si la soupape est disposée de manière à ne plus se sou-

lever que sous un effort de 2k,066 par centimètre carré, la vapeur, continuant à se produire, s'accumule dans un espace qui ne s'augmente que d'une manière insignifiante, pendant que la vapeur engendrée tend à occuper son volume normal, de $\frac{1698,86}{1}$. Il arrive bientôt un moment où le *double* de vapeur se trouve renfermé dans le même espace où l'effort du volume primitif pour s'échapper suffisait à soulever un poids de 1k,033 par centimètre carré. Alors 2 kilogrammes d'eau, réduits en vapeur, qui devraient occuper $1698,86 \times 2 = 3397,72$ volumes, sont maintenus dans la moitié de l'espace qui leur était dévolu précédemment; l'effort exercé contre les parois, de dedans en dehors, est double de ce qu'il était, et la résistance de 2k,066, opposée par la soupape, étant surmontée, la vapeur s'échappe par l'ouverture, pour peu qu'il s'en produise davantage.

La vapeur est alors *comprimée* à la *moitié* de son volume normal; l'effort qu'elle exerce sur les parois du *générateur*, de dedans en dehors, est égal à 2k,066, c'est-à-dire au double de la pression exercée à l'extérieur par l'atmosphère, en sorte que la force appliquée à l'intérieur peut faire équilibre au double de la colonne atmosphérique, ou à $0,760 \times 2 = 1^m,52$ de mercure. On dit alors que la vapeur est sous *deux atmosphères de pression*, que sa *tension* est de deux atmosphères.

Il existe alors, à l'intérieur du vase, une compression, une tendance à l'expansion, un effort pour prendre le volume normal de $\frac{1698,86}{1}$ et c'est précisément cet effort qui constitue la *force élastique* de la vapeur, ce qui nous permet de transformer un *travail moléculaire* en un *travail mécanique* utilisable.

On comprend aisément que, si l'on continue à chauffer le générateur, il continue à se produire de la vapeur, qui s'accumule dans un espace où elle est de plus en plus comprimée, et que la force élastique augmente à mesure que la compression devient plus considérable. L'augmentation de la compression et de la force produite n'a pour limite apparente que la résistance des parois du vase contre l'effort de la vapeur et, dans les limites de cette résistance, on charge la soupape de poids correspondant à la pression que l'on veut obtenir.

Tableau indicateur des pressions de la vapeur d'eau, de 1 à 24 atmosphères, avec les températures correspondantes

(D'après Dulong et Arago).

TEMPÉRATURES.	PRESSIONS.		
	En atmosphères.	En kilogrammes sur 1 centimètre carré de surface.	En mercure, hauteur de la colonne à 0°.
+ 100°	1a,	1k,033	0m,76
112 ,2	1 ,5	1 ,549	1 ,14
121 ,4	2	2 ,066	1 ,52
128 ,8	2 ,5	2 ,582	1 ,90
135 ,1	3	3 ,099	2 ,28
140 ,5	3 ,5	3 ,615	2 ,66
145 ,4	4	4 ,132	3 ,04
149 ,06	4 ,5	4 ,648	3 ,42
153 ,08	5	5 ,165	3 ,80
156 ,80	5 ,5	5 ,681	4 ,18
160 ,20	6	6 ,198	4 ,56
163 ,48	6 ,5	6 ,714	4 ,94
166 ,50	7	7 ,231	5 ,32
169 ,37	7 ,5	7 ,747	5 ,70
172 ,10	8	8 ,264	6 ,08
177 ,10	9	9 ,297	6 ,84
181 ,60	10	10 ,330	7 ,60
186 ,03	11	11 ,363	8 ,36
190 ,00	12	12 ,396	9 ,12
193 ,70	13	13 ,429	9 ,88
197 ,19	14	14 ,462	10 ,64
200 ,48	15	15 ,493	11 ,40
203 ,60	16	16 ,528	12 ,16
206 ,57	17	17 ,561	12 ,92
209 ,40	18	18 ,594	13 ,68
212 ,10	19	19 ,627	14 ,44
214 ,70	20	20 ,660	15 ,20
217 ,20	21	21 ,693	15 ,96
219 ,60	22	22 ,726	16 ,72
221 ,90	23	23 ,759	17 ,48
224 ,20	24	24 ,792	18 ,24

Nous donnons encore, d'après la formule de M. Regnault, le tableau indicateur suivant des ***équivalents caloriques d'ébullition*** et de ***vaporisation*** et des ***chaleurs totales***, pour l'eau, de 0 degré à + 230°.

TEMPÉRATURES ou équivalents d'échauffement ou d'ébullition.	ÉQUIVALENTS de vaporisation (chaleurs latentes).	CHALEURS TOTALES.	TENSION en atmosphères.
0°	606,50	606,50	0a,00605
+ 10	599,55	609,55	0 ,01205
20	592,60	612,60	0 ,02288
30	585,70	615,70	0 ,04151
40	578,70	618,70	0 ,07225
50	571,70	621,70	0 ,12102
60	564,80	624,80	0 ,19577
70	557,80	627,80	0 ,30669
80	550,90	630,90	0 ,46663
90	543,90	633,90	0 ,69138
100	537,00	637,00	1 ,0000
110	530,05	640,05	1 ,4149
120	525,10	643,10	1 ,962
130	516,10	646,10	2 ,671
140	509,20	649,20	3 ,576
150	502,20	652,20	4 ,712
160	495,30	655,30	6 ,120
170	488,30	658,30	7 ,644
180	481,40	661,40	9 ,929
190	474,40	664,40	12 ,425
200	467,50	667,50	15 ,380
210	460,50	670,50	18 ,848
220	453,60	673,60	22 ,882
230	446,60	676,60	27 ,535

Ce que nous venons de résumer sur les principaux faits relatifs à la chaleur et à la vapeur d'eau suffira à faire saisir plus complétement les applications industrielles du calorique en sucrerie, et à nous permettre d'établir, en temps opportun, les appréciations de dépense qu'il est toujours nécessaire de prévoir [1].

Données techniques sur les effets du vide. — La pression de l'atmosphère est sensiblement égale à 1k,0336 sur un centimètre carré de surface, par une hauteur barométrique de 760 millimètres de mercure. Sous cette pression, l'ébullition de

1. Nous avons extrait la plupart de ces données de notre *Guide théorique et pratique du fabricant d'alcools* (t. III, ch. IV); mais le lecteur, désireux d'étudier à fond ces questions, pourra puiser les plus utiles renseignements dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, de M. Ch. Laboulaye (Paris, 40, rue de Madame).

l'eau et la vaporisation de ce liquide se produisent à +100° de température, par l'absorption de +100+537=637 calories.

En admettant que l'on produise l'ébullition de l'eau dans un vase clos, lorsque la vapeur produite fait équilibre à 1k,0336 et que la soupape est disposée de façon à être facilement soulevée sous un effort de 1k,0336 par centimètre carré, l'ébullition continue à se faire à +100°. Si l'effort exercé sur la soupape et, par conséquent, si l'obstacle opposé à l'expansion de la vapeur est élevé à 1k,4624, par exemple, l'ébullition ne se produit plus que vers +110°, et la chaleur absorbée est de 640 calories 05. Il en résulte que l'augmentation de pression à la surface d'un liquide bouillant correspond à une augmentation de la température de l'ébullition du liquide et de celle des corps qui peuvent être soumis à son action.

Au contraire, si, par un moyen quelconque, on diminue la pression exercée sur la surface liquide, l'ébullition et la vaporisation se produisent à une température beaucoup plus basse et d'autant moins élevée que la pression est moins considérable.

Par une pression de 0atm,00605, c'est-à-dire de 6gr,05, ou de 4mm,60 environ, l'eau bout à 0°.

Si donc on produit l'ébullition d'un liquide dans un vase clos, en dehors de la pression de l'air et en neutralisant celle qui est causée par la vapeur produite, si l'on annihile toute pression, on sera débarrassé des causes d'altération dues à l'action de la chaleur, et l'on pourra réaliser, dans certaines conditions, une économie notable sur le combustible.

Pour annihiler la pression de l'air, pour faire *le vide*, il faut soustraire ce fluide du vase clos dans lequel on opère, et la *pompe pneumatique* est l'instrument par excellence de ce travail. On sait, cependant, qu'il est à peu près impossible de produire le *vide absolu*, c'est-à-dire d'enlever *complétement* l'air d'un vase clos, à raison de l'*espace nuisible* qui existe forcément au-dessous du piston de la pompe[1]. On comprend, d'autre part, que l'on devra enlever la vapeur formée afin d'éviter qu'elle fasse pression sur le liquide à mesure de sa production. On peut parvenir à remplir une partie de cette indication en aspirant par une pompe et en condensant à l'état liquide la

1. La limite de la *raréfaction de l'air*, avec les meilleures pompes pneumatiques, est d'environ 1 millimètre de mercure ou 1/760 d'atmosphère.

vapeur produite, mais il paraît difficile, à raison de la production incessante de la vapeur, d'abaisser la pression au-dessous de 150 millimètres de mercure, c'est-à-dire de 0k,204 par centimètre carré. Cette faible pression répondrait à une température d'ébullition, pour l'eau, de + 65° environ. En pratique industrielle, on n'arrive guère au-dessous de ce chiffre, et la limite extrême de l'abaissement de la températeure paraît être de + 60°.

Quoi qu'il en soit, on comprend toute l'importance qui s'attache à l'application des propriétés du vide, puisque, par ce moyen, il est possible de soustraire les jus sucrés à l'action d'une haute température qui détruit une partie du sucre et, dans tous les cas, favorise les actions de la plupart des matières nuisibles au sucre.

Nous ne sommes donc pas opposé à l'adoption en sucrerie des appareils d'évaporation (*concentration et cuite*), qui agissent avec le concours du vide. Loin de là, nous en reconnaissons hautement les avantages et, aujourd'hui comme autrefois, nous considérons ces engins comme étant de la plus grande utilité, et nous en regardons l'invention comme un des perfectionnements les plus nets et les mieux définis de l'industrie sucrière.

Comme il a semblé, paraît-il, à plusieurs personnes, que nous étions opposé au *vide* et à son emploi, parce que nous avions critiqué certains appareils de certains chaudronniers en renom, il ne nous convient pas de rester sous le coup d'une appréciation fausse et exagérée, et nous ajoutons quelques explications indispensables.

1° Nous avons dit, il y a bien des années déjà, et nous disons encore aujourd'hui, que l'emploi du vide, malgré toute l'ingéniosité des appareils qui le produisent et, surtout, malgré le haut prix auquel ils sont tarifés par les chaudronniers, n'est *indispensable* qu'aux gens qui ne savent pas leur métier et qui ne comprennent pas ou qui n'exécutent pas la purification rationnelle et intelligente des jus sucrés.

2° Nous avons dit, nous maintenons et nous prouverons que l'on peut faire du sucre aussi beau et aussi bon par la concentration à l'air libre que par le vide, si la purification des moûts a été bien faite.

Hors de cela, nous avons été tellement loin de critiquer l'emploi du vide que nous l'avons toujours conseillé à ceux qui

sont dans l'impossibilité de mieux faire. Nous prions donc certains traducteurs de nous laisser notre manière de voir, de ne pas la travestir, en y cousant leurs commentaires. Nous blâmons l'abus, non pas la machine ou l'invention, à laquelle nous ne reprochons que deux choses : d'avoir favorisé la paresse de ceux qui croient que le sucre est une question d'engins, et d'avoir contribué à détourner les esprits de la véritable question sucrière, de la purification des jus, pour transporter le laboratoire du fabricant dans l'atelier d'un constructeur quelconque, au grand bénéfice du second, au grand dommage du premier. Voilà tout. Qu'on veuille bien ne pas nous en prêter davantage.

Lorsque des jus ont été ramenés à l'état d'eau sucrée, par une purification sérieuse, exacte et complète, la concentration dans le vide sera le complément utile d'un bon travail préparatoire, qui assurera le succès de l'ensemble; hors de la condition absolue que nous venons de poser, tous les appareils à concentrer dans le vide ne deviennent que des palliatifs, et ils sont beaucoup trop chers pour ce qu'ils produisent. Deux *bons* fabricants étant donnés, l'un concentrant à l'air libre, l'autre, agissant avec le vide, nous trouvons qu'ils n'atteignent que le même rendement et qu'ils font autant de mélasse l'un que l'autre; ce fait, qu'on ne contestera pas sérieusement, établit nettement la situation et confirme notre thèse.

Concentration des jus à feu nu. — La séparation de l'eau excédante qui se trouve dans les jus sucrés, purifiés, dépend non-seulement de la quantité de chaleur qui est appliquée à ces jus, mais encore de la forme même de l'application qui en est faite. Aussi, dans la concentration à feu nu, distinguerons-nous le *chauffage par masses*, le *chauffage par surfaces* et le *chauffage tubulaire*, lesquels peuvent être exécutés, soit à l'air libre, soit dans le vide.

Le *chauffage à feu nu* n'est plus guère appliqué que dans la fabrication exotique, et les désavantages de ce mode, tel qu'il est pratiqué, sont tels qu'on devrait y renoncer partout d'une façon absolue, si l'on ne veut pas adopter des modifications qui en diminuent ou en détruisent les inconvénients. Il est de principe que l'eau pure aurait beau se trouver dans un vase chauffé à une forte température, pourvu que l'opération se fît

à l'air libre et sous une pression normale, son ébullition ou son évaporation aurait toujours lieu à $+100°$. Mais il n'en est plus ainsi des liquides tenant d'autres corps en dissolution. La température de l'ébullition s'élève d'autant plus qu'il reste moins d'eau dissolvante, et il arrive un moment où l'ébullition n'a lieu que vers $+105°$, $106°$ et même à $+110°$ ou au delà.

Or, on sait que l'action du calorique seule, lorsqu'elle est longtemps prolongée, même à $+100°$, suffit pour altérer le sucre prismatique et le transformer en sucre liquide incristallisable.

A plus forte raison en est-il ainsi, et les altérations deviennent-elles plus rapides et plus notables, lorsque les parois du vase où se fait l'ébullition s'élèvent à une température de beaucoup supérieure à $+100°$. C'est ce qui arrive dans tous les appareils métalliques chauffés à feu nu, c'est-à-dire par le contact direct de la flamme ou du combustible en incandescence. Le fond de ces vases est porté à une température qui dépasse le plus souvent $+200°$, et le sucre y mettrait de la complaisance s'il ne s'en caramélisait une partie et si une autre portion ne se transformait en produit incristallisable. Le liquide ne bout, à la vérité, qu'à une température moyenne proportionnelle à sa densité; mais les couches inférieures se trouvent en contact avec des surfaces trop fortement chauffées pour qu'elles ne s'altèrent pas.

Dans l'origine de la fabrication indigène, l'évaporation des liquides sucrés se faisait à feu nu; mais, dans ce mode, bientôt abandonné, on prenait les précautions les plus minutieuses pour que la flamme fût convenablement dirigée tout autour des parois des vases évaporatoires, que l'on faisait larges et peu profonds, afin que la surface plus développée donnât lieu à une évaporation rapide.

Il y a, en effet, tout autant d'inconvénients à maintenir *longtemps* les liquides sucrés au contact du calorique, qu'à les exposer à une trop forte température.

Nous avons distingué, dans le chauffage à feu nu, le chauffage par masses, le chauffage par surfaces, et le chauffage tubulaire...

Le *chauffage par masses* comprend l'application du calorique aux parois extérieures d'un vase renfermant une grande épaisseur de liquide. Supposons une chaudière AA' (fig. 25), formée

d'un fond sphérique A et d'un cylindre A'. Donnons à cette chaudière un diamètre hypothétique d'un mètre et disons qu'elle est remplie dans le travail jusqu'à une ligne donnée, à $0^m,75$ du fond.

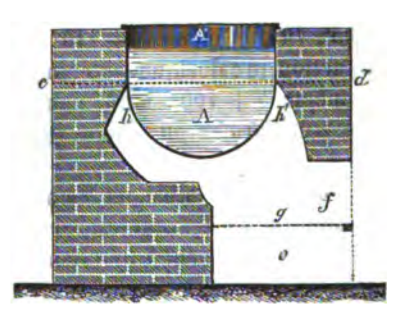


Fig. 25.

La masse à échauffer sera de 524 litres (52,6) pour la calotte sphérique et de 196 litres (196,35) pour la portion cylindrique, soit, en tout, 720 litres. On devra dépenser, pour porter la masse à l'ébullition, la température d'arrivée du liquide étant de +75, $25 \times 720 = 18000$ calories, et pour évaporer la portion contenue dans le cylindre, au-dessus de la ligne *cd*, $196 \times 537 = 105292$ calories. La somme de calorique à faire absorber à cette masse, comptée comme de l'eau, sera de 123292 calories, et ce chiffre ne variera pas, dans aucun mode de chauffage à l'air. Mais, si l'on songe au temps nécessaire pour que l'ébullition se produise par la transmission du calorique à travers une couche de $0^m,75$ d'épaisseur, bien que la direction de la flamme soit portée vers le centre de la calotte sphérique, on comprendra aussitôt l'un des plus grands défauts du chauffage par masses, lequel est la perte de temps. Nous ajouterons que, lorsque les 196 litres du cylindre A' seront vaporisés, les parties de la calotte sphérique qui se trouvent au niveau des carneaux *hh'* produiront la caramélisation du liquide sucré, à l'intérieur, parce que ce liquide ne sera plus protégé, sur ces points, par l'uniformité de la température d'ébullition. Enfin, par la raison que le sucre s'altère de plus en plus, lorsqu'on le soumet à l'action prolongée de l'eau et de la chaleur, il est clair que les masses, exigeant plus de temps pour se séparer de leur eau surabondante, subiront une transformation plus

sensible et qu'il se produira plus de glucose, en dehors même de la perte par caramélisation.

En outre, quel que soit le système adopté pour faire la vidange d'une chaudière, il sera impossible, lorsque cette vidange devra se faire, de soustraire le vase à l'action de la température très-élevée du fourneau et du foyer, et de ne pas *brûler* du sucre au fur et à mesure, et pendant le temps employé à un nouveau remplissage, si la chaudière même n'est pas retirée du foyer avant la vidange, ce qui est impossible en industrie. Que l'on ne s'étonne donc pas des résultats détestables, de la mauvaise cristallisation, de la coloration foncée des produits, que l'on observe partout où ce moyen barbare de chauffage est mis en pratique.

Nous n'insisterons pas sur ce point, car nous ne croyons pas qu'il en soit beaucoup de plus évidents, et nous ajouterons seulement que ce mode est un de ceux qui utilisent la moindre partie du calorique dégagé par le combustible. Notre chaudière supposée (fig. 25) présente une surface de chauffe de $1^m,57$ carré, et l'on n'admet pas, en pratique, que ces chaudières produisent un effet utile de plus de 16,000 à 17,000 calories par mètre carré et par heure. Cette quantité de calorique répond à 30 kilogrammes de vaporisation par mètre carré ou à $47^k,10$ pour $1^m,57$ en partant de $+100°$. Il en résulte qu'il faudra plus de quatre heures pour vaporiser seulement les 196 litres de la portion cylindrique. En supposant que les 720 litres ne contiennent que 10 p. 100 de sucre, ou 72 kilogrammes ($=44^{lit},818$) si l'on voulait concentrer la masse jusqu'au moment où elle ne renfermerait plus que 15 p. 100 d'eau, on obtiendrait 55 lit. 6, ou $82^k,8$ de produit par la vaporisation de 664 lit. 4 d'eau, et ce travail demanderait plus de quatorze heures, c'est-à-dire assez de temps pour transformer en incristallisable près du quart du sucre.

On voit donc que, sans insister sur le danger évident de la caramélisation, toutes sortes de raisons concourent à faire rejeter absolument la concentration à feu nu par masses.

Il n'en est pas tout à fait de même du *chauffage à feu nu par surfaces*, c'est-à-dire de l'application du calorique à l'extérieur de vases qui contiennent une couche liquide de petite épaisseur. La dépense de chaleur est la même, il est vrai, mais les conditions de la vaporisation sont entièrement changées. Admettons,

en effet, que, d'un foyer *f* (fig. 26), la flamme et les gaz chauds, produits par la combustion, soient *forcés* de frapper le fond d'une chaudière plate A, légèrement inclinée de *b* en *d*, pour se

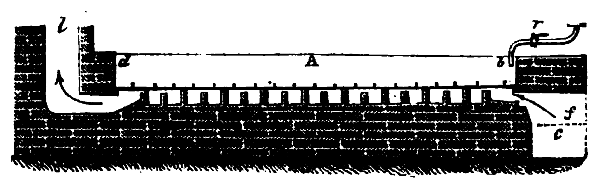


Fig. 26.

rendre à la cheminée d'appel *l*. Le liquide à concentrer arrive en *b* par le robinet *r*, et des diaphragmes en chicane le forcent à circuler sur toute la surface de A jusqu'en *d*, sur une épaisseur moyenne très-faible de un à deux centimètres. Dans cette disposition, aucune des parties de la surface n'échappe à l'action du calorique, la plus forte chaleur s'applique aux liquides plus faibles en *b*, et les gaz chauds arrivent en *d*, presque dépouillés de leur calorique. Le danger de la caramélisation est presque écarté, puisque l'opération est continue et l'utilisation du calorique est aussi complète que possible. Avec une chaudière de ce genre, on peut vaporiser, par mètre carré et par heure, de 70 à 100 kilogrammes d'eau, selon le tirage de la cheminée et la nature du combustible employé. En ne comptant que sur le minimum, si la chaudière a $1^m,50$ de large sur 12 mètres de longueur, soit 18 mètres de surface, on peut vaporiser 1260 kilogrammes d'eau par heure, en sorte que des jus ou vesous, arrivant en *b* par 5° à 10° B de densité, se trouvent concentrés à 27° ou 28° lorsqu'ils parviennent en *d*.

Ces principes appartiennent au domaine public et ils ont été mis en relief par Curaudau, dans la construction des fourneaux destinés aux appareils distillatoires (1765-1813) [1]. Ils ont été appliqués à la construction de l'appareil de Fryer, que nous aurons à étudier sous le nom de *concretor*. On comprend assez toute l'importance qui s'attache à une manière rationnelle d'employer le feu nu à la concentration des liquides sucrés, pour que nous n'ayons pas à nous appesantir sur ce

1. Voir le 3e volume de notre *Guide théorique et pratique du fabricant d'alcools et du distillateur*, pages 51 à 53, fig. 21. (Paris, 1872).

point. Nous n'avons pas, en effet, un tel parti pris en faveur de la vapeur, que nous en regardions l'emploi comme indispensable en sucrerie. Nous disons seulement que le feu nu, malgré les avantages qu'il pourrait procurer, au point de vue de l'économie et de la simplicité des appareils, est utilisé d'une manière irrationnelle et sauvage, et nous croyons qu'il y a beaucoup à faire dans cette voie.

Le *chauffage tubulaire*, dont nous avons maintenant à parler, serait encore préférable au mode qui vient de nous occuper. Nous cherchons à le faire comprendre par la figure 27, qui représente une des dispositions les plus simples que l'on puisse adopter et celle qui offre peut-être le plus de sécurité.

La chaudière A (fig. 27) renferme deux, trois, ou même

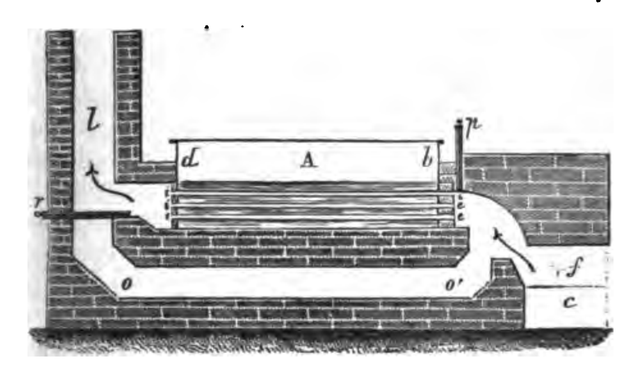


Fig. 27.

quatre séries de tubes droits *ei* qui traversent le liquide et débouchent presque à niveau de la paroi verticale du côté *d*. Vers *b*, ces tubes sont prolongés au delà de la paroi de la chaudière, de manière qu'ils puissent traverser un petit mur de briques, formant diaphragme entre le fourneau et la chaudière. Il y a ainsi deux espèces de chambres à feu : l'une antérieure, vers *eee*; l'autre, postérieure, vers *iii*. Un carneau de dégagement *oo'* est établi dans la partie inférieure du massif et conduit les gaz chauds à la cheminée *l*, lorsque la chaudière ne fonctionne pas, ou dans les temps d'arrêt. Deux registres *pr* suffisent à la direction des gaz.

Le registre *p* étant levé et le registre *r* fermé, les produits de la combustion pénètrent dans les tubes par *eee* et sortent en

iri pour se rendre à la cheminée, après avoir cédé leur chaleur au liquide de A.

Lorsque le niveau du liquide baisse en A, on baisse le registre *p* de manière à fermer la série de tubes qui serait à découvert. Enfin, si l'on veut faire une vidange, un nettoyage, etc.; en un mot, dans les temps d'arrêt, on ouvre le registre *r* et l'on ferme complétement *p*.

Cette disposition est très-simple et elle permet d'utiliser partout les chaleurs perdues, d'appliquer le feu nu, sans le moindre danger, à la concentration des liquides sucrés, et de suppléer industriellement à la vapeur, soit lorsqu'on ne peut se procurer cet utile agent, soit lorsqu'on ne dispose pas d'une force suffisante. La puissance de vaporisation des tubes peut s'élever à un chiffre très-considérable selon le combustible employé et le tirage. Nous le calculons seulement à 60000 calories, en moyenne, comme pour les serpentins chauffés par la vapeur à + 135°, ce qui est très-inférieur au rendement réel. Les tubes de 5 centimètres de diamètre, étant écartés de 5 centimètres, chaque série en comporte 10 sur une largeur de 1m,05, et les 30 tubes de trois séries, sur une longueur de 3 mètres, donnent une longueur de 90 mètres et une surface de chauffe de 14 mètres 1372. Cette surface répond à 848232 calories par heure, c'est-à-dire à la vaporisation de 1384 kil. d'eau, à la température initiale de + 25°. On comprend parfaitement que les dimensions doivent être appropriées à la quantité d'eau à vaporiser, mais la surface de la grille du foyer doit être au moins du douzième de la surface de chauffe des tubes.

Nous verrons plus loin que l'on peut encore, dans certaines circonstances, modifier la disposition des tubes, et qu'il est possible d'appliquer le serpentin au chauffage à feu nu, pourvu que les produits condensables de la combustion soient brûlés et que l'on dispose d'un bon moyen de *fumivorité*.

Concentration des jus à feu nu et à l'air libre. — Les données qui précèdent se rapportent évidemment au chauffage à feu nu et à l'*air libre*, c'est-à-dire sous la pression de l'atmosphère, et produisent, par conséquent, l'action d'une température de + 100°, au minimum, sur les jus à l'ébullition. Le véritable problème à résoudre, celui qui est la clef de toute cette question, consiste donc essentiellement à *abréger* le temps de la concen-

tration, par tous les moyens dont on pourra disposer, puisque, *même avec les jus purs*, c'est dans la prolongation de cette opération que se trouve une des causes les plus actives de la production du glucose. Les premiers observateurs qui se livrèrent à la fabrication du sucre indigène avaient parfaitement saisi la nécessité de cette rapidité d'évaporation, et ils cherchaient à l'exécuter par l'emploi de chaudières très-larges et peu profondes, c'est-à-dire, par une sorte de chauffage en surface.

C'est le seul moyen d'obtenir quelque chose de bon avec le chauffage à feu nu ; mais la rapidité du travail est tout aussi indispensable avec tout mode de chauffage dans lequel la température s'élève à + 100°, ou dépasse ce point.

Nous ne croyons pas aux inconvénients dont on a accusé la concentration à feu nu et à l'air libre, sous les réserves suivantes :

1° La concentration se fera dans le minimum de temps, et les appareils seront disposés dans ce but. C'est dire qu'il faut proscrire tous les appareils dans lesquels on agit sur des masses, et qu'on ne peut adopter que le chauffage par surfaces ou le chauffage tubulaire.

2° Dans aucun cas, les parties des appareils qui reçoivent la chaleur ne devront se trouver à découvert, c'est-à-dire que l'on devra écarter tout danger de caramélisation, en évitant d'exposer à l'action trop violente du calorique des couches trop minces de la liqueur sucrée. Quand on agit sur couches minces, l'action doit être rendue continue par une arrivée constante et graduée du liquide à concentrer.

3° Enfin, la liqueur ne devra renfermer aucun agent qui puisse transformer le sucre ou le détruire à la température de l'opération. De là, à notre sens, résulte l'impérieuse nécessité de la neutralité complète des jus, dont nous avons déjà entretenu le lecteur.

Nous ne pensons pas que l'air libre ait une action telle sur les jus, à la concentration, qu'il faille en faire un sujet de crainte pour l'application de la chaleur dans ces conditions. En effet, nous avons vu que la question des matières extractives et celle de l'apothème sont de véritables non-sens, et que l'action de l'air ne présente de l'importance que si les conditions de la fermentation se trouvent réunies. Or, ce n'est pas le cas des jus

à concentrer, puisque la température est trop élevée pour que la fermentation puisse avoir lieu, et que, du reste, dans une purification rationnelle et intelligemment conduite, le ferment a dû être entièrement éliminé.

Concentration à feu nu et dans le vide. — Personne n'a encore songé à appliquer au chauffage à feu nu les avantages qui résultent de la diminution de la pression atmosphérique. Nous croyons, cependant, que cette application est très-possible, facile même, et nous allons essayer de le démontrer.

Pour que le vide relatif se fasse dans un vase clos, il est nécessaire de faire communiquer ce vase avec une pompe qui puisse soustraire l'air d'abord, s'il n'est chassé par la vapeur, puis, ensuite, la vapeur, à mesure qu'elle se forme. Voilà tout.

Si donc nous admettons la possibilité démontrée du chauffage tubulaire à l'air libre, la construction d'un appareil à concentrer dans le vide par l'emploi des gaz de la combustion ne peut présenter d'autre difficulté que celle résultant de la présence des produits pyrogénés, qui pourraient salir et obstruer les tubes. Cet inconvénient n'existe pas avec les tubes droits et nous verrons plus loin quel est le moyen pratique le plus élémentaire d'y obvier avec les serpentins.

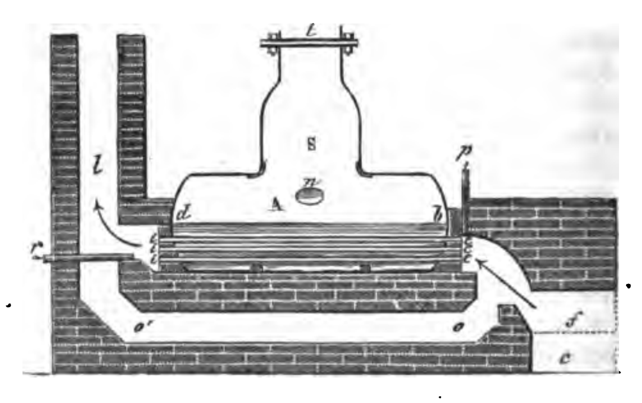


Fig. 28.

Rien ne nous paraît aussi simple que de construire une chaudière tubulaire, de forme cylindrique, analogue aux géné-

rateurs des locomotives et qui présenterait les principales dispositions indiquées par la figure 28 ci-dessus. Ces dispositions sont les mêmes que celles de la figure 27, quant à l'établissement du fourneau et à ses accessoires, aux registres, aux séries de tubes, etc. Le cylindre A muni de regards *n* en verre, surmonté d'un dôme S pour la sortie des vapeurs, communiquerait avec des pompes par le joint *t* et serait, d'ailleurs, muni de tous les organes nécessaires pour faire arriver les liquides, pour vérifier la densité acquise, et faire tous les petits détails du service.

Nous ne voyons pas, en réalité, où peut se trouver l'impossibilité de l'exécution, ou même la difficulté de ce travail. Les dispositions théoriques indiquées ci-dessus n'ont rien d'absolu; elles n'ont d'autre but que de faire voir la possibilité de faire la concentration des liquides sucrés à feu nu, en prenant le vide pour auxiliaire, ce qui nous paraît absolument hors de doute d'après nos propres expériences.

Concentration à la vapeur. — Le chauffage à la vapeur s'exécute de diverses manières : ou la vapeur circule dans un faux-fond pratiqué à la chaudière, ou bien on lui fait parcourir une série de serpentins ou de tubes de forme variable qui baignent dans le liquide. Les serpentins, disposés en hélice ou en étrier, reposent sur le fond intérieur des chaudières à évaporer, ou en sont plus ou moins éloignés par des brides ou des supports, selon les cas. On comprend qu'il vaut mieux isoler les serpentins de la chaudière, d'abord pour la facilité du nettoyage et, ensuite, pour éviter que des portions de liquide puissent être altérées par le contact de deux surfaces métalliques chaudes.

L'emploi de la vapeur offre cet avantage d'évaporer aussi rapidement que possible les liqueurs soumises à son action, de ne leur faire éprouver qu'une température donnée que l'on règle à volonté, de ne pas échauffer trop fortement les vases et de pouvoir appliquer ou supprimer instantanément l'action de la chaleur.

Si l'on ajoute à cela qu'un seul foyer, celui du générateur, peut suffire à toutes les chaudières de l'usine, on n'hésitera pas à reconnaître la supériorité de ce mode sur le précédent. En résumé, l'évaporation à la vapeur est pratiquée dans toute l'Eu-

rope, et un grand nombre de sucreries ont adopté cette méthode en Amérique.

Quoi qu'il en soit, le liquide, convenablement purifié, doit être soumis à une évaporation rapide qui le porte le plus promptement possible à une densité de 27° Baumé environ et, dans cet état, il est soumis à une filtration à chaud sur le noir, ou sur une matière inerte, afin de le décolorer ou de le débourber, et de le débarrasser des matières devenues insolubles par la concentration.

Dans le but d'obtenir l'évaporation à une température plus basse et, par conséquent, de moins altérer la matière sucrée, on a construit des appareils à évaporer dans le *vide*, hors de la pression de l'air atmosphérique. On a donc ici, comme dans le chauffage à feu nu, la concentration à la vapeur et à l'air libre, et la concentration à la vapeur, à l'aide du vide.

Comme précédemment encore, on peut distinguer le chauffage des liquides à la vapeur par masses, le chauffage par surfaces, et le chauffage tubulaire, qui peut agir sur des masses plus ou moins considérables. Nous n'ajouterons rien aux observations que nous avons faites sur le chauffage par masses. Sous le mérite de cette circonstance que la vapeur, appliquée à des chaudières à fond sphérique, fournit plus de travail actif que le feu nu et une plus grande utilisation du calorique, les inconvénients, au point de vue du temps dépensé, sont les mêmes. Le chauffage à la vapeur par surfaces est peu employé, malgré les avantages qu'il présente. Nous ferons observer cependant que le chauffage tubulaire, plus communément pratiqué, peut très-bien être considéré comme un chauffage par surfaces, lorsque la couche de liquide est d'une petite épaisseur.

Concentration à la vapeur, à l'air libre. — Nous n'avons pas eu l'intention d'assimiler le chauffage à feu nu au chauffage à la vapeur, lorsque nous avons cherché à faire voir la possibilité pratique du premier, en toutes circonstances. Nous avons voulu seulement faire toucher du doigt l'inanité de ces mots : ***pour faire du sucre, il faut de la vapeur***, que l'on répète tous les jours sans raison, sinon sans prétexte. Non certes, la vapeur n'est pas indispensable pour faire de bon et beau sucre, et tout fabricant, sachant sa profession, comprenant la purification des jus et

l'emploi rationnel du calorique, peut fort bien faire ses concentrations à feu nu, quoi qu'on en dise. Mais nous ajoutons que la vapeur doit être préférée à tout autre moyen de chauffage pour la concentration des liquides sucrés, toutes les fois que l'on peut établir un générateur dans une fabrique de sucre, en sorte que, loin d'être hostile à ce moyen d'appliquer le calorique, nous le regardons, au contraire, comme le plus parfait, surtout quand il est aidé par une diminution de la pression.

Est-ce à dire, pour cela, que *la concentration à l'air libre, par la vapeur*, soit une mauvaise opération et qu'elle mérite les foudres de certains partisans, *plus ou moins désintéressés*, du vide et du triple effet? Non pas, et nous avons vu, bien souvent, des produits de la fabrication à l'air libre valant mieux que les sucres des appareils à basse pression. Encore une fois, si la purification des jus a été bien faite, si les liqueurs sont *neutres* surtout, s'il n'existe pas de matières albuminoïdes, la concentration à l'air libre vaut la concentration dans le vide, pourvu qu'elle soit faite rapidement. L'alcalinité des jus, la purification incomplète, la présence des matières azotées, au contraire, requièrent impérieusement l'emploi du vide, ou la concentration à basse température.

Pour la concentration à l'air libre et à la vapeur, il est à peu près impossible de se servir d'appareils agissant sur des masses, et une chaudière à double fond, comme celle de la figure 17, ne pourrait pas donner, en sucrerie, des résultats bien utiles. Avec une surface de $1^{m},57$, ce que nous avons *supposé* dans la concentration à feu nu par masses (pour la chaudière de la figure 25), la vapeur à $+ 135°$, transmettant aux faux-fonds 40000 calories par mètre carré et par heure, ne pourrait vaporiser que 74 kil. d'eau à $+ 75°$ par heure, en sorte que la vaporisation de $603^{l},2$, nécessaire pour amener le jus supposé à 50 0/0 de richesse sucrière, demanderait plus de *huit heures*, c'est-à-dire assez de temps pour transformer 1/8 du sucre.

Il n'y a donc que la concentration par surfaces, sur moindre épaisseur des couches, et la concentration par chauffage tubulaire, qui puissent utiliser les propriétés utiles de la vapeur, dans le but d'éliminer l'eau surabondante des jus sucrés.

Le chauffage à la vapeur par surfaces n'a pas encore été appliqué à la concentration des jus. Ce n'est pas, cependant,

qu'il ne soit pas rationnel ou possible. On peut parfaitement imaginer une chaudière à double fond plat, sous laquelle la vapeur circulerait en chicane et serait forcée de frapper les parois du fond; mais, comme, précisément, en raison de la grandeur des surfaces, la condensation de la vapeur serait très-considérable et qu'elle serait hors de proportion avec l'eau vaporisée, il n'y a pas une utilité bien évidente à faire des recherches d'application dans ce sens. Nous avons, du reste, dans l'emploi des *serpentins* et dans le *chauffage tubulaire*, le mode le plus avantageux d'appliquer la vapeur, et il dépend complétement de nous de transformer ce chauffage tubulaire en le faisant agir sur des surfaces, c'est-à-dire sur des couches de très-faible épaisseur.

Nous étudions sommairement cette question.

La vapeur à + 135°, c'est-à-dire à 3 atmosphères de pression, transmet 60000 calories par mètre carré de surface et par heure, par l'intermédiaire de serpentins de 2 à 4 centimètres de diamètre. Or, dans un mètre de surface, on peut placer, sous un écartement égal au diamètre des tubes, 12 mètres 96 de tubes de 0,04 de diamètre, ce qui fournit une surface de 1^{mq},6286 pour une seule série, c'est-à-dire une augmentation de 0^{mq},62 à 0^{mq},63 sur la surface du fond. On peut obtenir ainsi la transmission de 97716 calories par les tubes, lorsque la surface de fond ne donnerait pas plus de 40000 dans de bonnes conditions moyennes. En partant de la température initiale de + 100°, cette transmission de calorique conduirait à la vaporisation de 182 litres d'eau par heure, et il ne faudrait que 3 h. 1/3 pour vaporiser les 603^{c},2 de notre hypothèse.

La différence est énorme, comme on le voit, et cette appréciation suffit pour faire comprendre tout l'avantage que l'on peut trouver dans le chauffage tubulaire. Cet avantage peut atteindre des limites bien plus élevées encore lorsque ce chauffage se fait en réalité par surfaces et par petites épaisseurs. Ainsi, dans ce même espace d'un mètre carré, si l'on place seulement deux autres séries de tubes, avec le même écartement, et à 8 centimètres de distance, on peut tripler les résultats que nous venons d'indiquer.

La figure 29 représente le tube à vapeur de la chaudière de M. Dubrunfaut; elle donne une idée nette de la manière dont

la vapeur circule dans les serpentins, et rend compte de la surface de chauffe qu'il est possible d'obtenir.

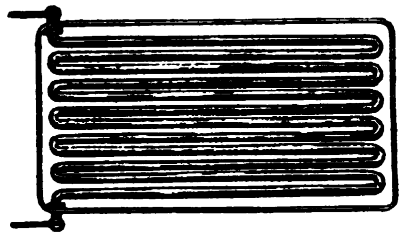


Fig. 29.

Au fond, tous les appareils de concentration à la vapeur et à l'air libre, qui agissent par serpentins, donnent 60000 calories par mètre carré de surface de serpentin et par heure, avec de la vapeur à + 135°. La question reposant sur la rapidité de la vaporisation et sur le minimum de temps employé à éliminer l'eau des jus, on comprend que toute disposition qui augmentera le nombre des serpentins ou leur surface active diminuera le temps de la vaporisation et, par suite, conduira à une perte moins grande en sucre. Or, cette multiplication des surfaces de chauffe est beaucoup plus facile avec la vapeur qu'avec l'emploi du feu nu, puisque, d'un seul tube de distribution on peut faire partir autant de prises que l'on veut. N'oublions pas cependant que, pour que le travail de la vapeur soit économique, il est indispensable d'utiliser complétement la chaleur de vaporisation ou la chaleur latente, c'est-à-dire de ne laisser sortir par les *retours* de condensation que de la vapeur liquéfiée. Cette recommandation est d'une telle importance, que l'inobservation de cette règle conduit beaucoup de personnes à des mécomptes, et à l'obligation de dépenser une quantité de vapeur exagérée.

Les dispositions qui permettent d'appliquer la vapeur en surface par le chauffage tubulaire peuvent être très-nombreuses : les tubes chauffeurs peuvent être disposés horizontalement ou verticalement; on peut en placer plusieurs séries dans le même vase, ou disposer les plans d'ébullition en colonne, en gradins ou cascades, etc. Nous donnons l'explication de ce dernier mode par la figure 30 ci-contre, en attendant que nous puissions étudier les appareils usités.

Soit une série de trois chaudières A, B, C, disposées en gradins, de telle sorte que le liquide arrivant en A, par le tube d'alimentation *a*, coule en B par le trop plein à robinet *b* et de

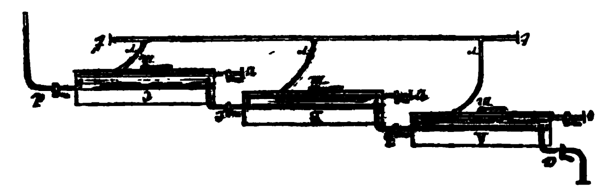


Fig. 30.

B en C par le trop plein *c*. Le tube *d*, également à robinet, règle la sortie des jus concentrés de façon à maintenir le même niveau dans les trois vases. Un tube *v* amène la vapeur dans le serpentin de chacune des chaudières, et la vapeur condensée s'échappe par le robinet *r* et le tube *tt'*. Un robinet de vidange *m* est adapté à chaque chaudière.

Supposons, pour ne pas établir de nouveaux calculs, que chaque chaudière contient un serpentin de $12^m,96$ de longueur, par 0,04 de diamètre extérieur. D'après ce qui a été dit tout à l'heure, ce chiffre répond à $1^{mq},6286$ de surface de chauffe et produit la vaporisation de 182 litres d'eau à $+ 100°$ par heure. Le même résultat étant obtenu dans chacune, il y aura une vaporisation de $182 \times 3 = 546$ litres par heure, c'est-à-dire une concentration assez grande pour porter 650 litres de jus de 10 à 50 0/0 de richesse par heure. L'écoulement du robinet d'alimentation *a* devra donc être réglé à 650 litres par heure. La vapeur sera introduite dans le serpentin de chaque chaudière aussitôt que le liquide d'arrivée l'aura recouvert d'un centimètre afin de ne pas perdre de temps en mise en train.

Si l'on voulait obtenir un effet donné, on augmenterait la surface de fond des chaudières et, proportionnellement, celle de chaque serpentin. On pourrait même ne rien déranger aux chaudières et se contenter d'y placer un second serpentin ou même un troisième.

On comprend encore que cette disposition en gradins n'a rien d'indispensable, que les plans de vaporisation peuvent être placés en colonne ou autrement, lorsque l'on tient à économiser la place. L'essentiel repose sur la surface de chauffe présentée

par les serpentins, sur le peu d'épaisseur des couches liquides et sur la température de la vapeur introduite.

Concentration à la vapeur dans le vide. — Si l'application de la vapeur à l'air libre présente déjà de si notables avantages, la diminution de la pression atmosphérique dans les appareils ne peut que les augmenter encore par cette raison capitale que, l'ébullition se produisant dans le vide à une moindre température, on réalise une certaine économie sur la chaleur dépensée, et on soustrait le sucre à l'action d'une haute température.

Que la concentration dans le vide soit le salut des fabricants qui purifient mal leurs jus, cela ne peut faire l'objet d'aucun doute; mais on doit ajouter encore que, même après une purification régulière, la concentration dans le vide est plus économique et moins nuisible au sucre, pourvu qu'elle soit rapide.

Or, la rapidité dépendant de la surface de chauffe des tubes, il est évident qu'on peut toujours, dans un appareil donné, atteindre le maximum, et qu'il ne peut surgir aucune difficulté sous ce rapport.

Nous examinerons ces questions en détail, dans l'étude de la fabrication du sucre indigène, et nous nous contenterons, pour

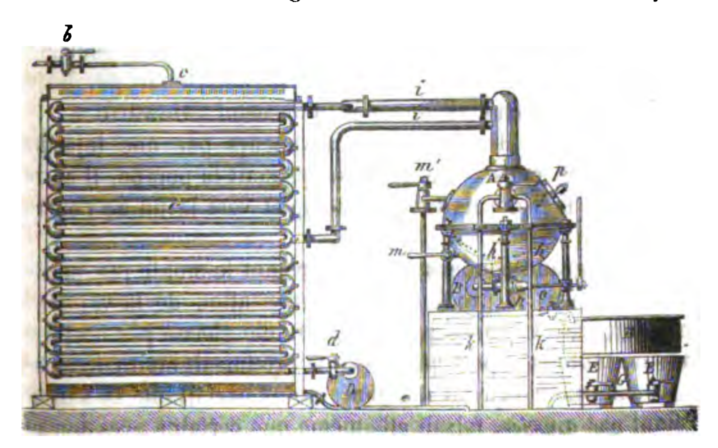


Fig. 31.

le moment, de faire comprendre le jeu des appareils à concentrer à l'aide du vide, avant de parler d'une application du vide

spéciale à l'évaporation, et qui consiste dans l'utilisation des vapeurs produites par l'évaporation même.

On a imaginé un grand nombre d'appareils à *basse pression*. Les plus anciennement connus sont ceux d'Howard, de Roth, de Degrand et de Derosne.

L'appareil de Degrand est représenté par la figure 31. Il se composait d'une chaudière A et d'un serpentin C pour la condensation des vapeurs. La chaudière était chauffée par un tube intérieur en serpentin *hh*. Pour y faire le vide, on y introduisait de la vapeur par un tube *m'* et l'on chassait tout l'air contenu dans l'appareil par un robinet placé sur la sphère même, à l'extrémité du serpentin. Le liquide à concentrer était aspiré par les tubes *kk*. La condensation de la vapeur se faisait par un courant d'eau ou de jus, qui circulait sur les spires du serpentin en C, et qui y arrivait par le robinet *b* dans une caisse de distribution *c*.

Au fond, les premiers appareils à basse pression ont été créés dans des conditions remarquables de précision et dénotent chez les inventeurs un rare esprit d'observation. On a bien fait, depuis, des modifications accessoires de formes et de dispositions; on a ajouté des détails, établi des organes secondaires plus ou moins utiles; mais l'idée capitale est restée la même, conforme aux premières conceptions. L'appareil de Degrand obtenait le vide par la condensation de la vapeur dont il s'était servi pour chasser l'air, et il l'entretenait par le jeu d'une pompe. Il en était de même dans celui d'Howard.

Roth imagina de condenser les vapeurs par une injection d'eau froide; mais, comme il supprimait la pompe, il en résultait que le vide était moins complet vers la fin de l'opération.

Un très-grand condensateur, rappelant le monte jus par sa forme, recevait le produit de la condensation de la vapeur et l'eau injectée et, après que l'air avait été chassé par un jet de vapeur, toute la vaporisation qui se produisait était condensée par l'eau. Le vide était d'autant moins parfait que la vapeur, n'étant pas *appelée*, faisait elle-même une certaine pression sur le liquide.

L'appareil de Derosne rétablit la pompe d'aspiration, et opéra la condensation des vapeurs dans un serpentin sur lequel on faisait passer les jus, comme dans l'appareil de Degrand. Une

dernière modification substitua l'injection d'eau au serpentin tout en conservant la pompe, et cet ensemble sert encore de base aux appareils modernes.

M. Payen a donné la description suivante de l'appareil de Derosne :

« Parmi les appareils les plus employés, ceux de Derosne et Caïl présentent deux modèles. Dans l'un d'eux, la vapeur est en partie condensée par deux serpentins à tubes horizontaux, sur lesquels on fait couler le jus déféqué et filtré [1] qui se concentre, en utilisant ainsi la vapeur du sirop soumis à la concentration.

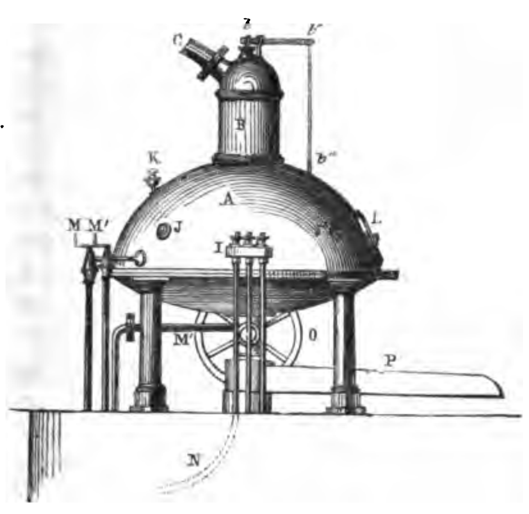


Fig. 32.

« *Ce moyen évaporatoire convient surtout dans les habitations coloniales, où le combustible manque* [2]. Pour les fabriques nouvelles de sucre de betterave, les mêmes constructeurs disposent généralement un condenseur à colonne et à injection cen-

1. Quand on s'en sert pour la concentration.

2. Nous soulignons cette phrase pour faire remarquer la tendance à l'exploitation des colonies, sur lesquelles l'établissement dont il s'agit jetait déjà son dévolu à l'époque où ces lignes ont été écrites. Tout convergeait vers le but, même dans les descriptions d'engrais dues à des plumes dévouées. L'utilisation complète de la chaleur convient partout, même aux colonies, et le combustible peut y être obtenu comme ailleurs...

trale, dans lequel les sirops peuvent s'entreposer sans se mêler à l'eau de condensation s'ils viennent à déborder accidentellement. Ces chaudières sont munies de lunettes qui permettent de voir la marche de l'opération, d'un petit appareil à extraire le premier sirop dans une éprouvette, d'une sonde qui sert à prendre une très-petite quantité de liquide pour s'assurer de son degré de cuisson; enfin elles portent encore un robinet de vidange, un robinet à injecter le beurre et un manomètre.

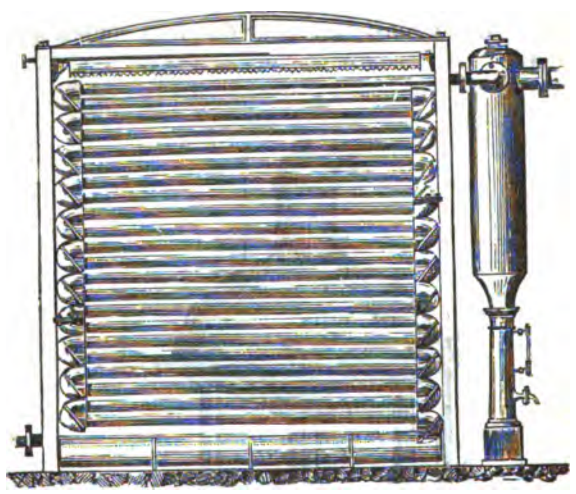


Fig. 33.

« Voici les principales dispositions du premier de ces appareils, dit *à serpentin et à double effet évaporatoire*. Les figures 32 et 33 ci-dessus le représentent en élévation; les figures 34 et 35 en donnent le plan : A, chaudière à double coupole et à double fond, réunis par une même bride; B, tête cylindrique dans laquelle une large soupape, mue par le levier *bb'* et la tige *b'b"*, intercepte et ouvre à volonté la communication entre l'intérieur de la chaudière A et toutes les autres parties de l'appareil (tubes, colonne, serpentins, pompes); *cc*, tubes dirigeant les vapeurs vers les serpentins; une colonne creuse (fig. 33) est interposée pour recevoir le jus ou sirop qu'une ébullition mousseuse peut accidentellement faire monter dans le tube C.

« Les deux tubes latéraux *ee* (fig. 35), disposés parallèlement à un plan vertical et maintenus par les saillies de chacun des

coudes en bronze disposés entre les montants d'un bâti solide en bois, conduisent la vapeur vers les serpentins.

« Au dernier tube inférieur de chaque serpentin est adapté un tube (fig. 33) qui communique avec une pompe à faire le vide : celle-ci épuise à la fois l'eau condensée, l'excès de vapeur

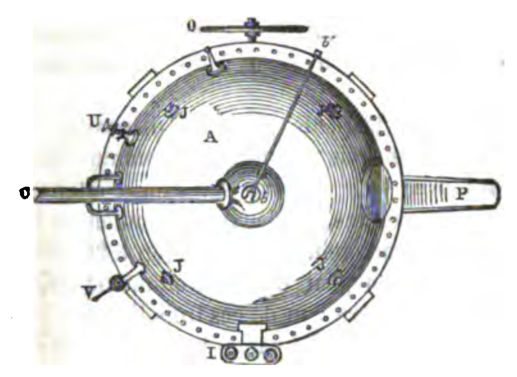


Fig. 34.

et l'air contenu dans l'appareil ou introduit par quelque fissure. Pour utiliser la chaleur que cède au serpentin la condensation de la vapeur, on fait couler sur toute la surface le jus déféqué et filtré.

« Celui-ci se distribue à l'aide des robinnets *ii* qu'on ouvre

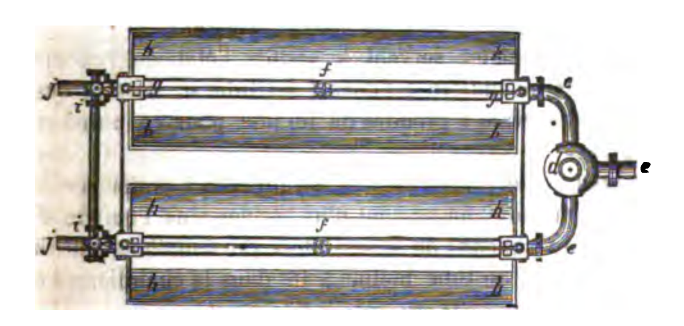


Fig. 35.

à volonté en faisant tourner les tiges qui y sont adaptées; le jus, arrivant d'un réservoir supérieur par le tube *j*, coule dans les caniveaux *gg*, percés de traits de scie dans toute leur lon-

gueur. Ces ouvertures sont maintenues au moyen d'une vis qui presse ou soulève le milieu du caniveau.

« Le jus, rapproché à moitié environ de son volume pendant ses chutes successives sur tous les tubes de chaque serpentin, s'écoule dans des caniveaux qui le dirigent dans un réservoir, d'où on le puise à volonté par un des trois robinets I, qui le laisse monter jusque dans la chaudière A (fig. 32), où la concentration continue et amène le sirop à 26° ou 28°, terme de la deuxième filtration.

« Cette chaudière présente plusieurs dispositions que nous allons indiquer. Les trois robinets font communiquer par autant de tubes avec trois réservoirs : l'un, contenant le sirop évaporé sur les serpentins ; le deuxième, contenant le jus filtré une fois ; le troisième, renfermant le sirop à 26° ou 28°, filtré une deuxième fois. On peut donc introduire et rapprocher à volonté dans la chaudière l'un de ces trois liquides.

« La chaudière est chauffée par la vapeur venant d'un générateur, et introduite dans un double fond par le robinet M, et dans un serpentin en spirale par le robinet M'. Des disques en verre épais, maintenus par de fortes armatures JJ', laissent voir le liquide bouillant ; il est bien entendu que l'un de ces disques doit recevoir la lumière du jour ou d'une lampe dirigée par un réflecteur. Lorsqu'on voit le liquide s'élever en mousse, on y projette une petite quantité de beurre, en ouvrant un instant le robinet K qui donne passage au fond d'une petite capsule toujours remplie de cette matière grasse.

« Deux ustensiles servent à vérifier l'état de concentration dans la chaudière : l'un est un tube *a*, portant quatre robinets, et servant à prendre du liquide pour en observer la densité [1].

« Lorsque, dans la chaudière, on procède à la dernière concentration ou *cuite*, on ne peut plus vérifier ainsi l'état du sirop qui est trop visqueux ; on se sert alors du deuxième ustensile, qui consiste en un tube incliné à 45° dans la chaudière, fixé à

1. C'est une éprouvette mise en communication avec la partie supérieure de la chaudière, par un tube courbe à robinet *bb'* ; la communication avec le liquide est établie par un deuxième tube à robinet *c*. Ces deux robinets ouverts, le liquide coule dans l'éprouvette ; on ferme alors les deux robinets précités, et l'on ouvre le robinet à air *e* ; enfin, ouvrant le robinet *d*, le sirop coule ; on le reçoit dans une éprouvette ordinaire ; il suffit de plonger un aréomètre dans celle-ci pour connaître le degré du liquide.

ses parois, dans lequel on introduit un piston plein, portant à son extrémité une petite cavité; celle-ci s'emplit de sirop au moment où, tournant le piston, on fait ouvrir un robinet à virole qui se referme aussitôt; retirant alors le piston, on trouve dans la cavité quelques grammes de sirop qui suffisent pour prendre la preuve au *crochet* .. »

Nous n'avons pas voulu scinder la description de M. A. Payen, bien que ce dernier paragraphe se rapporte particulièrement à la cuite, c'est-à-dire au complément d'évaporation, et que nous n'ayons en vue, présentement, que l'évaporation des jus. En somme, on voit que les appareils à basse pression peuvent être employés à concentrer tous les degrés du liquide sucré; depuis le jus filtré qui se condense sur les serpentins, jusqu'au sirop qui parvient au degré de cuite dans la chaudière.

Lorsque la concentration est à son terme, on ferme la grande soupape, mue par la tige *bb"*; on donne accès à l'air par un robinet, on ouvre le gros robinet de vidange en tournant la roue O, et le sirop coule, par un caniveau en cuivre P, dans un réservoir et, de là, vers un monte-jus; cette disposition permet d'envoyer par le tube ascendant le sirop dans le réservoir supérieur qui doit alimenter les filtres pour la deuxième filtration.

La modification spéciale qui permet de pousser plus loin le vide dans la chaudière et, par conséquent, d'évaporer plus vite à une plus basse température, est indiquée par la figure 36.

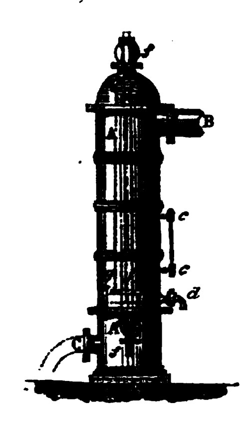


Fig. 36.

C'est une colonne creuse, seul vase interposé entre la chaudière et les pompes à faire le vide (les serpentins étant, dans ce cas, supprimés). L'ajutage du haut, en B, reçoit le tube venant du chapiteau de la chaudière; l'ajutage du bas communique directement par le tube C avec les pompes. La capacité de la colonne A est divisée en deux par un diaphragme horizontal et le tube vertical *f*. Il reste autour de ce tube un espace qui reçoit le liquide accidentellement apporté par le tube B. On voit le niveau de ce liquide à l'aide du tube en verre *cc;* on peut donc le retirer en ouvrant le robinet *d*.

Le tube *ff*, percé de petits trous, et un autre semblable, *g*, amènent deux injections d'eau froide, qui condensent la vapeur durant toute la concentration et contribuent à rendre le vide plus complet.

Ajoutons à cette description que, la plupart du temps, dans une fabrication suivie, la condensation des jus se fait à l'air libre dans les chaudières à évaporer à double fond ou à serpentins, ou dans des appareils spéciaux, en sorte que les appareils à basse pression que nous venons de décrire ne servent habituellement que pour la cuite; on leur a même donné le nom d'*appareils à cuire*, qui justifie leur emploi ordinaire. Les serpentins sont donc d'un usage assez restreint, et l'appareil ordinairement employé se compose des pompes à faire le vide, de la colonne intermédiaire, et de la chaudière ou appareil proprement dit A.

L'emploi du vide à la concentration des jus par la vapeur est maintenant d'une application assez rare en pratique, avec les appareils que nous venons de faire connaître, bien que cette appplication soit parfaitement possible et qu'elle ait été d'abord mise à exécution. Aujourd'hui, dans les fabriques, on évapore les jus, à l'aide du vide, par le moyen d'un système d'*appareils connexes à effets multiples*, dans le but d'utiliser la vapeur produite par le travail même et d'économiser le calorique.

Nous cherchons à faire comprendre les bases de ce travail

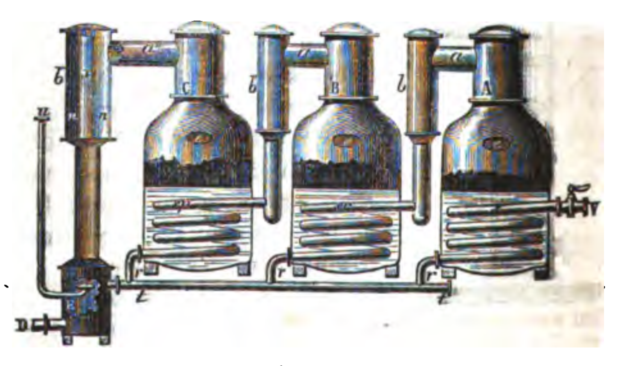


Fig. 37.

évaporatoire par la figure 37 ci-dessus, entièrement théorique, afin de pouvoir établir les chiffres relatifs à l'économie qui

résulte de l'adoption des appareils évaporatoires à effets multiples.

Soient les chaudières A, B, C, à serpentin. Une pompe à air, placée au delà de D, aspire par D : 1° l'air des chaudières de l'appareil; 2° la vapeur produite par le travail; 3° l'eau provenant de la condensation des vapeurs de chauffage, laquelle se dirige, par les retours *rrr*, dans le collecteur *tt'* et le récipient E. Un tube *u* à robinet apporte en E une injection d'eau froide pour condenser les vapeurs qui auraient conservé l'état gazeux, et les chaudières sont munies de regards *eee*, en verre épais, pour permettre la surveillance de l'opération. L'introduction des liquides se fait aisément par aspiration et il est même possible de la rendre continue, au besoin. Soit donc la capacité des chaudières égale, et admettons que chaque chaudière contient 1000 litres de jus à 10 0/0 et à + 75° T, à la ligne d'empli. Le vide étant fait dans l'appareil par le jeu de la pompe et celle-ci continuant à fonctionner, introduisons de la vapeur à + 135 en A par le tube à robinet V. Soit encore la surface de chauffe du serpentin de A égale à 1 mètre carré et transmettant 60000 calories par heure.

La chaleur initiale du liquide étant supposée de + 75° *pour la facilité du raisonnement* [1], cette température est à peu près celle de l'ébullition sous la pression de 294 millimètres à laquelle se trouve soumis l'intérieur des chaudières. On peut donc négliger, dans le cas présent, la dépense en calorique d'ébullition et ne s'occuper que de la chaleur de vaporisation. Sous la pression de 294 millimètres, par + 75° de température, la chaleur totale de la vapeur d'eau étant 629,35, la chaleur latente égale 629,35 — 75 = 554,35, en sorte que les 60000 calories transmises par le serpentin vaporiseront

$$\frac{60000}{554,35} = 108^{k},235$$

d'eau en une heure, et l'on pourra faire rentrer dans la chaudière une quantité égale de jus.

Dans tous les cas, il y aura eu production de 108^{k},235 de

1. En général, la température des liquides qui ont passé par les bacs, les monte-jus, etc., est tombée vers + 60°.

vapeur à + 75°, en admettant que le vide ait été produit à 294 millimètres dans l'intérieur de la chaudière.

Cette vapeur, appelée dans le serpentin de B par *ab*, transmettrait *théoriquement*, dans ces conditions, une quantité égale de calorique et il se produirait en B 108k.235 de vapeur à + 75°, si la vapeur venant de A était à la même température que celle qui y est entrée par V. A l'entrée de A, on avait de la vapeur à + 135°; à l'entrée de B, la vapeur produite par l'ébullition du liquide de A n'offre plus qu'une température de + 75° et, bien qu'elle agisse, à travers le serpentin *sr*, sur des liquides soumis à un vide relatif, exigeant, par conséquent, une température moindre pour se vaporiser, il n'est pas moins vrai que cette vapeur ne présente plus qu'une chaleur totale de 629,35 au lieu de 650,9, et que, dans les mêmes circonstances, elle ne peut transmettre que 58000 calories. D'autre part, il faut compter avec les condensations qui se produisent dans les tubes de communication *ab*, etc. Nous admettons, cependant, pour suivre notre idée, que les 108k,235 de vapeur provenant de A, transmettent 58000 calories au serpentin *sr* en B, et, puisque le liquide de B est à + 75°, c'est-à-dire à sa température d'ébullition sous la pression de 294 millimètres, il se produira, dans ce deuxième appareil, une vaporisation de

$$\frac{58000}{554,35} = 104^{k},62.$$

Cette vapeur, appelée en C par *a'b'*, produira, *théoriquement*, le même effet de vaporisation, en sorte que la vapeur qui n'aurait produit, dans un seul vase, que la transmission de 60000 calories produira 60000 + (58000 × 2) = 176000 calories par le fait d'une disposition de ce genre, permettant d'appliquer, à la vaporisation de nouveaux liquides, les vapeurs provenant d'un jus précédent.

Ce qui précède étant seulement hypothétique et applicable au cas précis où nous nous sommes placé, nous aurons à faire voir plus tard que les faits pratiques diffèrent considérablement de la théorie, non-seulement en raison des pertes dues à différentes causes, mais encore à la suite des modifications de la pression, de la température d'ébullition qui en est la conséquence, des changements dans la forme des appareils, etc. Nous voulons seulement établir ici les idées générales relatives aux

appareils à effets multiples et, sous ce rapport, nous disons qu'un *vide constant* étant donné, avec un abaissement suffisant de la pression, la transmission théorique de la chaleur peut être regardée comme *constante* à travers des serpentins de même surface et de même épaisseur, sur des liquides de même température initiale et de même capacité calorifique.

En reprenant notre appareil de la figure 37, nous faisons observer que la vapeur appelée par la pompe vers D peut entraîner mécaniquement du liquide sucré, que des mousses peuvent se produire et qu'il peut en résulter une perte. On obvie à ce danger en disposant, dans les corps *bb'b"*, un tube x, ouvert par les deux bouts pour le passage de la vapeur, et entouré d'un espace annulaire *nn*, dans lequel vient se placer le liquide entraîné que l'on retire ensuite à volonté.

D'un autre côté, la vapeur condensée dans les serpentins a repris l'état liquide, et l'eau de condensation peut être appelée par la pompe à l'aide d'un ajutage *tt*, ou bien, encore, on peut faire diriger ce liquide dans des récipients particuliers où le vide est établi comme dans l'appareil même.

En résumé, et sans songer à présent à rectifier les données théoriques par des faits pratiques à l'égard de ce qu'on a appelé les *appareils à double effet* ou *à triple effet*, nous ferons observer qu'il y a là une idée féconde, pourvu qu'on sache la débarrasser des entraves que viennent y apporter sciemment des hommes cupides, pour lesquels la sucrerie n'est qu'une source de revenus à exploiter. La question peut se réduire à des termes très-simples.

Dans une série de vases communiquants, clos, renfermant des liquides à évaporer, il n'est pas douteux que la vapeur, produite dans un premier vase par la transmission d'une certaine quantité de calorique, ne puisse, à son tour, *restituer* sa chaleur latente ou de vaporisation au liquide d'un second vase. De même la vapeur produite dans ce deuxième vase peut communiquer sa chaleur au liquide d'un troisième vase et ainsi de suite, tout le temps qu'il se produira assez de vapeur pour que la vaporisation d'une portion notable du liquide puisse se faire. Voilà le principe dégagé de toute considération d'à-côté et de tout ambage. Quant aux moyens d'exécution, ils sont également très-compréhensibles et ils se bornent à l'action d'une pompe assez puissante pour soustraire des vases l'air, la vapeur et

l'eau condensée, et à une disposition telle que la vapeur, produite dans le premier vase, aille se condenser en échauffant les liquides du second, que celle du second en fasse autant dans le troisième, ce qui est très-facile à saisir par l'inspection de la figure 37 ci-dessus.

Les effets produits sont variables selon la pression, puisque toute diminution de pression correspond à une moindre température d'ébullition et de vaporisation. Mais, en tout cas, même en supposant la pression ordinaire, il est certain qu'un kilogramme de vapeur abandonnera, pour se condenser, au moins 537 calories, ce qui suffit pour vaporiser un kilogramme d'eau à l'ébullition, sous déduction des pertes causées par des circonstances accessoires.

Les appareils à basse pression et les appareils à effets multiples permettent l'utilisation sérieuse des vapeurs perdues ou des vapeurs de retours des machines, lesquelles n'ont pas, le plus souvent, d'autre emploi profitable que de fournir de l'eau chaude pour divers usages.

La vapeur entrant dans les corps de pompe, à + 135°, par 3 atmosphères de pression, en sort détendue sous une température de + 110° environ.

Or, cette vapeur à + 110°, employée pour le chauffage des chaudières à basse pression, produit, à l'intérieur, la vaporisation par + 70 degrés, à raison de 3 kilogrammes 8 par degré de différence entre l'extérieur et l'intérieur des surfaces, et en agissant par serpentins. C'est donc un chiffre de vaporisation de 152 kil. par mètre carré et par heure que l'on peut atteindre, en employant de la vapeur qui a déjà produit un effet mécanique utile.

On peut encore améliorer sensiblement ce résultat.

Dans ce travail à la vapeur, un moyen très-économique de restituer aux vapeurs de retour la température qu'elles ont perdue consiste à les surchauffer en les faisant passer à travers les carneaux à l'aide de tubes convenablement disposés. Cette surchauffe aurait pour résultat d'élever la température de la vapeur et d'en augmenter l'effet utile dans les appareils de vaporisation; elle débarrasserait de l'eau entraînée à l'état globulaire et reporterait à + 135°, au moins, des vapeurs de détente tombées vers + 110°, que l'on pourrait, dès lors, employer à tous les usages de la fabrication, au lieu d'être obligé d'en

restreindre l'emploi au chauffage des appareils à basse pression.

Par une disposition de ce genre, la vapeur sortant des machines peut servir deux fois, sans augmentation de dépense, et rien n'empêcherait d'appliquer dans ce but une partie de l'appareil d'Ericson [1].

Concentration par les gaz chauds. — A côté de l'emploi du feu nu et de celui de la vapeur pour la concentration des liquides sucrés, on doit placer encore celui des gaz chauds et des chaleurs perdues des foyers. On sait, en effet, qu'à la sortie même des foyers, ces gaz présentent souvent une température de plus de 400° et que, en arrivant à la cheminée d'appel, ils ont encore de 200° à 250° de température.

En considérant la nature des gaz qui proviennent de la combustion, nous pouvons les considérer comme présentant, à l'issue des foyers, une température moyenne de 300°.

Les gaz de la combustion sont formés d'air chaud, d'azote, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, pour la plus grande partie, et ces gaz présentant un chiffre de chaleur spécifique presque identique, on peut encore, pour la commodité du calcul, admettre qu'ils sont en quantité à peu près égale dans la masse et que leur coefficient moyen de chaleur est de 0,24305.

Leurs poids, au mètre cube, sont :

Pour l'air	1293,2
Pour l'azote	1256,88
Pour l'oxyde de carbone	1250,05
Pour l'acide carbonique	1977,80

La moyenne est de 1k,444g,15. Comme on peut adopter pour coefficient moyen de dilatation le nombre 0,3665 pour 100 degrés, on trouve que, pour 1 mètre cube de ces gaz à + 300° de température, la dilatation est de 0,3665 × 3 = 1,0995, en sorte que 1 mètre cube à 0° acquiert un volume de 2 mètres cubes 0995 en s'échauffant à + 300°. Le poids absolu du mètre cube n'est donc plus que 585g,665 à + 400°, et de 687g,85 à + 300°. A + 200°, il serait de 833g,32 et de 1056g,82 à + 100°.

Nous savons que la chaleur spécifique n'est que la quantité de chaleur absorbée ou perdue par un corps pour que sa tem-

1. V. *Notes justificatives.*

pérature varie de un degré. De cela et du coefficient moyen 0,24305 nous déduisons que, à + 100°, le kilogramme de gaz représente une quantité de calorique égale à

$$100 \times 0{,}24305 = 24 \text{ unités } 305.$$

A la température de + 200°, le kilogramme d'air représente 48 calories 610, 72 calories 915 à + 300°, et 97 calories à + 400°.

Pour vaporiser un kilogramme d'eau prise à 0°, ou pour produire 637 calories, sous la pression de 760 millimètres, il faudrait donc :

26k,208gr,	ou 24	mètres cubes	7989	de gaz chauds	à +	100°
13k,104gr,	ou 15	—	713	—	à +	200°
8k,736gr,	ou 12	—	700	—	à +	300°
6k,552gr,	ou 11	—	188	—	à +	400°.

Pour vaporiser 100 kil. d'eau prise à 0°, il faudrait donc appliquer tout le calorique de 1270 mètres cubes de gaz chauds à + 300°.

Ces chiffres peuvent étonner au premier abord; mais, en prenant la peine de réfléchir, on peut voir quelle quantité de calorique nous perdons, par notre faute, et comprendre qu'il ne serait pas le moins du monde impossible de l'utiliser,

Admettons que les gaz chauds sont à + 300° en sortant du foyer d'un générateur, et qu'il en faut 12mc,70 ou 8k,736 pour vaporiser 1 kil. d'eau à 0°, ou pour fournir 637 calories.

On s'accorde à reconnaître que, même avec de bonnes dispositions, la perte de calorique ne s'élève pas à moins de 3500 à 4000 calories par kilogramme de houille, ce qui est énorme, et cette considération nous paraît de nature à intéresser vivement les fabricants et à diriger les idées vers l'emploi industriel des gaz chauds dans la pratique de l'évaporation.

Cherchons maintenant ce que nous perdons de calorique par 1000 kil. de charbon brûlé, en dehors de tout calcul étranger à la constitution des gaz chauds...

Mille kilogrammes de charbon exigent $\frac{1000}{70} \times 200$ d'oxygène pour être transformés en acide carbonique ou $\frac{1000}{70} \times 100$ pour se changer en oxyde de carbone. En restant dans les con-

ditions les plus larges, on peut admettre que la combustion n'est complète que pour la moitié et la dépense d'oxygène se traduit par

$$\frac{500}{70} \times 200 + \left(\frac{500}{70} \times 100\right) = \frac{1000}{70} \times 150 = 2142^{k},75$$

en comptant l'équivalent du carbone pour 70 seulement à cause de l'impureté des charbons.

Or, le mètre cube d'air pèse $1293^{g},2$ à 0° et un peu moins à la température ordinaire (1226 gram. à + 15°). L'air contient 0,2095 d'oxygène et 0,7907 d'azote, en volume, ou, en poids, 0,2313 d'oxygène et 0,7687 d'azote...

Le mètre cube d'air à 0°, par $1293^{g},20$, contient $309^{g},11716$ d'oxygène et $690^{g},88284$ d'azote. Il faudra donc 6981 mètres cubes 83 d'air à 0° pour fournir les $2142^{k},75$ d'oxygène nécessaire à la combustion de 1000 kil. de charbon.

Les gaz chauds se composent de :

1° $3142^{k},75$ d'un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, soit 1947,5 mètres cubes à 0° par la moyenne de $1^{k},613^{g},68$ pour le poids de 1 mètre cube.

2° 5481 mètres cubes d'azote, en négligeant tout le reste.

La totalité des gaz sera de 7428,50 mètres cubes à 0°, qui deviennent 15596 mètres cubes 135 en s'échauffant à + 300°.

Nous avons vu qu'il faut 1270 mètres cubes de gaz chauds à + 300° pour vaporiser 100 kil. d'eau à 0° ou pour fournir 63700 calories. Les gaz à + 300° perdus dans la combustion de 1000 kil. de charbon suffiraient à la vaporisation de 1228 kil. d'eau à 0°, soit à $1^{k},228$ de vaporisation par chaque kilogramme de combustible, et fourniraient 782.236 calories utilisables !...

Nous laissons au lecteur le soin d'apprécier l'énormité de cette perte, d'autant plus grande que ces résultats sont des *minima*. On sait, en effet, que les générateurs n'utilisent guère plus de 0,75 de la vapeur calorifique des combustibles, *en moyenne*, en sorte qu'il est impossible de taxer les appréciations qui précèdent d'exagération.

L'emploi des gaz chauds permettrait donc d'utiliser plus de la moitié de cette perte, et, en combinant cette mesure avec le chauffage à effets multiples par surfaces, on pourrait arriver à économiser plus d'un tiers du combustible. Cette conséquence

est assez grave pour que les fabricants y apportent une sérieuse attention.

Des expériences suivies nous ont fait voir que l'on peut toujours disposer un appareil d'aspiration, un ventilateur ou une pompe, sur le trajet des carneaux, en deçà de la cheminée d'appel, et faire passer les gaz chauds dans des serpentins pour les employer au même usage que la vapeur. Nous avons constaté que la production de vapeur pourrait être restreinte à celle qui est nécessaire pour les machines, toutes les autres opérations pouvant se faire par un courant de gaz chauds, aussi bien que par la vapeur. La seule précaution à prendre consiste dans la destruction des produits pyrogénés, à l'aide d'un bon système fumivore. Nous reviendrons sur ce sujet et nous indiquerons plus tard les dispositions que nous adoptons pour utiliser les chaleurs perdues provenant des foyers et, en particulier, des fours à chaux et à acide carbonique.

Nous avouons que l'application des gaz chauds à la vérification des jus et sirops nous paraît mériter toute l'attention des fabricants. Nous y voyons le moyen le plus complet d'utiliser la chaleur produite par la combustion, d'économiser la vapeur et de supprimer des engins dispendieux.

A ce propos, nous avons vu avec plaisir que Walkhoff et plusieurs autres spécialistes partagent cette idée, dont nous nous sommes occupé dès nos premiers travaux. Nous avons toujours regardé le gaspillage du combustible comme une des plus grosses fautes industrielles que l'on puisse commettre et nous avons toujours insisté sur l'utilisation des chaleurs perdues. Notre conviction est que les esprits droits ne peuvent manquer d'entrer dans la voie que nous avons signalée et que les recherches à ce sujet doivent être couronnées de succès...

Indiquons cependant une appréciation de l'auteur allemand qui ne nous paraît pas assez précise. Walkhoff estime qu'il faudrait une grande surface de chauffe pour l'utilisation des gaz chauds, leur effet de vaporisation n'étant que de 1 livre 1/2 par pied carré et par heure (7^k,500 environ par mètre carré), ce qu'il attribue à la faible pression de 8 millimètres d'eau qui réagit sur ces gaz. Nous croyons qu'il convient de joindre à cette cause la différence des chaleurs spécifiques sur laquelle nous avons donné tout à l'heure des indications suffisantes. En augmentant le tirage, on arrive à des résultats très-différents

et il ne nous semble pas nécessaire de comprimer les gaz, comme Walkhoff pense qu'il conviendrait de le faire, si cette condition pouvait être réalisée d'une manière pratique[1].

Observation. — Lorsque les liquides *moussent* beaucoup pendant la concentration, on y jette un peu de corps gras, qui arrête l'effervescence en rendant la surface des bulles moins visqueuse.

On emploie, de préférence, le *beurre*, pour cet usage et, franchement, nous ne savons trop quelle est la raison plausible de ce choix.

Nous avons dit un mot de la glycérine que l'on introduit ainsi dans les sirops. Sans insister outre mesure sur cette considération, nous dirons seulement que nous aimerions mieux employer un peu d'acide stéarique ou d'un acide gras privé de glycérine que de faire usage du beurre dont l'altération par le contact de l'air peut ne pas être sans influence sur la conservation ultérieure des produits secondaires.

Quoi qu'il en soit, il arrive quelquefois que la concentration devient difficile et qu'il est impossible de maîtriser la mousse qui se produit en quantité énorme et qui fait déverser le liquide. On peut accuser sûrement, dans ce cas, une négligence commise dans la purification des jus, et cet effet ne se produit que dans des jus acides ou alcalins. Cet accident n'a jamais lieu dans les jus neutres, bien débarrassés des matières albuminoïdes et il provient, le plus souvent, d'une certaine proportion de matière protéique, dissoute par les alcalis ou les acides et reparaissant dans la concentration. Il arrive aussi qu'un excès de matière grasse, en présence de la chaux des jus alcalins, ou même de la potasse, de la soude, de l'ammoniaque, ou d'autres bases, produit un savon qui monte à la surface en formant des masses cohérentes, lesquelles se joignent à celles qui sont produites par les matières azotées... Il n'y a d'autre remède à un tel état de choses que dans la neutralisation complète des acides ou des bases, selon les cas, et il serait plus rationnel de prévenir cet accident que d'avoir à le réparer.

1. Die Comprimirung der Feuerluft, wenn auch nur mit geringer Pression, scheint schöne Resultate zu versprechen, die indessen jetzt noch nicht leicht praktisch zu erzielen sein dürften (*Op. cit.*, p. 587).

Remarques générales. — Le but de la concentration est parfaitement arrêté. Il s'agit de faire disparaître, par la vaporisation, assez d'eau pour que la liqueur soit amenée à contenir 50 de sucre et 50 d'eau seulement sur 100 parties, ce qui répond à 27° B, ou à 1230 de densité.

Cette séparation de l'eau doit être faite rapidement, pour éviter d'altérer le sucre par le contact prolongé de l'eau à une température plus ou moins élevée, et l'on doit empêcher qu'aucune portion de sucre puisse se transformer en caramel ou en produits pyrogénés.

Si les jus sont bien purifiés et neutres, il est à peu près indifférent d'employer tel ou tel mode de chauffage. Tous peuvent, dans ce cas, donner d'excellents résultats, à l'exception du chauffage à feu nu par masses, qui doit être absolument rejeté. Les meilleurs modes de concentration à l'air libre sont le chauffage à feu nu par surfaces, ou par serpentins, sur couches de peu d'épaisseur, et le chauffage à la vapeur par surfaces ou serpentins. C'est ce dernier mode qui doit être préféré toutes les fois qu'on pourra l'employer, même avec de la vapeur à + 100°. et nous donnerons plus tard le croquis d'une disposition qui permet d'employer la vapeur sans recourir aux générateurs ordinaires et d'une façon plus économique.

Dans le cas de chauffage à feu nu, ou, mieux, à la vapeur, par surfaces ou par serpentins, en mince épaisseur, l'application la plus logique consiste dans la *concentration continue* sur des surfaces disposées en colonne ou en cascade, ou, encore, sur des plans inclinés, afin d'utiliser la plus grande partie du calorique dégagé.

Nous ne proscrivons nullement le chauffage à feu nu, pourvu qu'il soit appliqué dans des conditions rationnelles; mais, nous préférons, en toutes circonstances, le chauffage à la vapeur, lorsqu'il est possible de l'exécuter.

Bien que la concentration à l'aide du vide ne soit pas indispensable, surtout lorsque la purification a été bien faite, il convient de la regarder comme le mode le plus parfait d'évaporation, même avec de bons jus, neutres et bien préparés. Ce moyen de concentration soumet le sucre à une chaleur moindre, dépense moins de combustible et peut arriver à un résultat extraordinaire par l'emploi d'appareils à effets multiples bien compris.

Nous regardons, en outre, le chauffage par les gaz chauds comme un mode destiné à rendre de grands services dans l'industrie, et nous croyons que ce chauffage peut être facilement appliqué par surfaces ou par une disposition tubulaire.

V. — FILTRATION DES JUS ET SIROPS.

La filtration est une des opérations les plus importantes de la sucrerie, et elle est tellement indispensable que rien ne peut y suppléer convenablement. L'enlèvement des écumes et des impuretés, tel qu'il se pratique dans les colonies, et la décantation du liquide dans les chaudières successives où il se concentre graduellement, ne peuvent donner des sirops assez débarrassés des matières étrangères. On distingue deux sortes de filtration : la *filtration simple* et la *filtration décolorante.*

La filtration simple ou le *débourbage* a pour but de débarrasser les liqueurs des particules insolubles qui peuvent s'y trouver en suspension. Cette filtration se fait, de préférence, à travers des toiles ou des étoffes de coton, celles de laine étant sujettes à être altérées rapidement par la chaux. Les toiles à filtrer s'imprègnent souvent de calcaire qu'il est nécessaire de leur enlever par un lavage dans l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique; on les rince ensuite à l'eau pure avant de s'en servir de nouveau.

On s'est servi d'appareils assez nombreux pour le *débourbage.* Le plus simple de tous est une caisse (fig. 38), garnie d'un

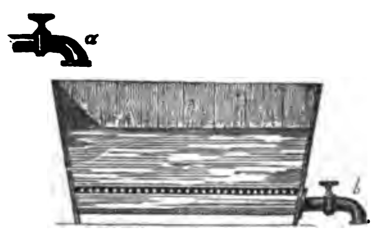


Fig. 38.

faux fond, surmontée d'une toile pliée en plusieurs doubles sur laquelle on place quelquefois une claie métallique ou même un clayonnage en osier. Souvent aussi, on superpose un peu de charbon animal, en grains, ou de gravier lavé, pour arrêter au

passage les corps mucilagineux qui retarderaient la séparation du liquide. La liqueur entrant en *a* sort débourbée et limpidée par le robinet *b*.

Lorsqu'on a affaire à des liqueurs chargées de matières très-fines ou mucilagineuses qui boucheraient rapidement les pores des surfaces filtrantes, on emploie la disposition indiquée par la figure 39.

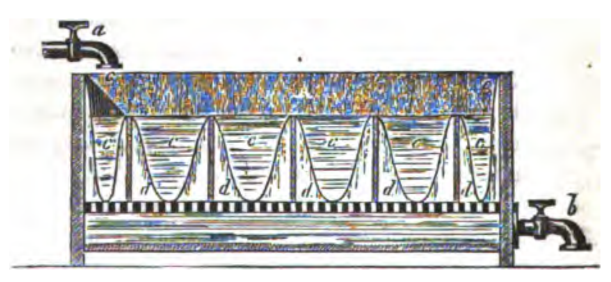


Fig. 39.

Dans une caisse rectangulaire, une toile *ccc* se replie sur des diaphragmes *ddd* disposés verticalement. Les surfaces filtrantes sont ainsi très-multipliées, et l'on obtient des résultats plus rapides et plus complets. Nous verrons plus tard que ce filtre est employé en raffinerie, malgré ses imperfections et la nécessité, qui arrive souvent, de *relever les toiles*, lesquelles sont enduites de matières gélatineuses qui empêchent la filtration.

On avait commencé par filtrer les liquides dans des paniers d'osier garnis d'une étoffe filtrante; mais, comme on remarqua que la filtration se fait d'autant mieux que la liqueur est plus chaude[1], on a fini par employer des caisses en bois ou en métal, que l'on a soin de recouvrir, afin d'éviter les déperditions de calorique.

On a même poussé la précaution jusqu'à faire circuler de la vapeur dans une double enveloppe pour maintenir le liquide filtrant à une température qui en diminue à la fois la densité et la viscosité.

Le lecteur a parfaitement remarqué le défaut capital de ces dispositions, dans lesquelles les matières suspendues viennent se déposer sur les surfaces filtrantes, en obstruer les pores et,

1. La densité est *moindre* dans ce cas.

finalement, s'opposer au passage des liquides. Ce défaut est un peu atténué, dans le débourbeur de la seconde construction (fig. 39), puisqu'une partie des surfaces filtrantes affecte une direction plus ou moins rapprochée d'un plan vertical. Les impuretés s'amoncellent surtout vers le fond des plis, et la filtration se continue plus longtemps, en raison précisément du temps que les surfaces latérales, obliques, mettent à se salir. Cependant, lorsque les matières suspendues sont d'une grande ténuité, le filtre cesse bientôt de fonctionner et il devient nécessaire de le rétablir, ce qui est un travail fort désagréable, qui entraîne, en outre, une perte de sucre.

Les filtres du *système Taylor* étant souvent employés, tant pour le débourbage que pour la filtration des écumes provenant de la défécation, nous en donnons une idée par la figure 40 ci-dessous, qui représente la face supérieure ou le plan

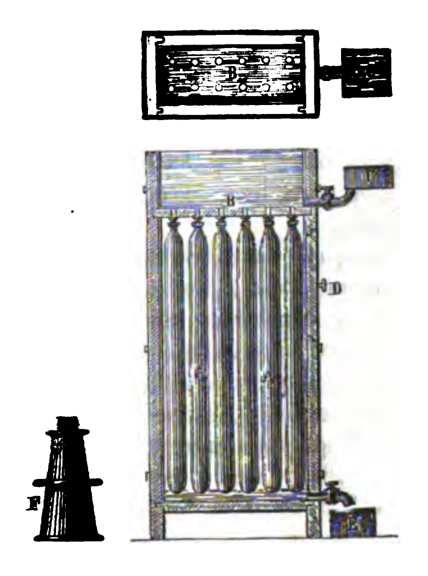


Fig. 40.

d'une caisse rectangulaire en forme d'armoire. C est le réservoir qui alimente le filtre.

A chaque orifice de la surface B se trouve attaché en dessous, par plusieurs tours de vis, un cône métallique F à base inférieure, qui sert de mandrin à un double sac allongé; l'orifice

de ce sac est maintenu par un anneau circulaire. Enfin, la figure donne la coupe d'une caisse à filtres.

Le sac intérieur étant plus large que l'extérieur qui lui sert d'enveloppe, il en résulte des plis qui augmentent la surface filtrante et favorisent l'opération.

En D se trouve une ouverture par laquelle on peut retirer les sacs et les changer.

On comprend que les sacs suspendus et plissés recevant le liquide qui pénètre de C en B, et offrant une grande surface filtrante, peuvent être d'une très-grande utilité en sucre. Nous y reviendrons plus tard à propos de la raffinerie.

Ce filtre présente, suivant nous, l'inconvénient de ne pas permettre une opération presque continue. Lorsque les sacs, par trop salis, ne peuvent plus fonctionner, on est obligé de fermer le robinet de C et de les vider tous, ce qui est une faute et une perte de temps.

Nous ne mentionnons pas un certain nombre d'autres appareils à filtrer, bien qu'on ait imaginé différents systèmes assez rationnels. Les uns, reposant sur le principe de la densité, faisaient opérer la filtration de bas en haut, les autres utilisaient d'autres considérations; mais ceux dont il vient d'être parlé sont à peu près les seuls filtres à débourber dont on se serve dans la fabrication.

Nous avons construit un débourbeur qui est basé sur un principe tout différent, c'est-à-dire sur la filtration par *effet latéral*. La figure 41 donne une coupe de cet appareil. AA' est un cylindre en tôle ou en cuivre, solidement fixé sur un fond de même métal, soit par des cornières, soit par une brasure. BB' est un second cylindre, intérieur au précédent, monté à une distance de AA' qui varie entre $0^m,05$ et $0^m,10$; enfin, CC' est un troisième cylindre tout à fait intérieur, monté comme les précédents. CC' et BB' sont *perforés*, de manière à obtenir une surface perforée double au moins de la surface pleine. On garnit de toiles mouillées les cylindres CC' et BB' du côté de l'espace annulaire CB, puis on remplit cet espace, soit avec du gros noir lavé et neutre, soit avec du gravier, de la brique pilée, ou tout autre corps inerte, en fragments de 0,0035 à à 0,003 de côté, dont on a séparé le poussier par tamisage et lavage. Lorsque l'espace annulaire CB est *rempli* par de la matière un peu tassée, on recouvre avec les extrémités des

toiles et l'on place le couvercle DD′, qu'on assujettit avec des pinces, comme le fait voir le plan de la figure 42. Ce débour-

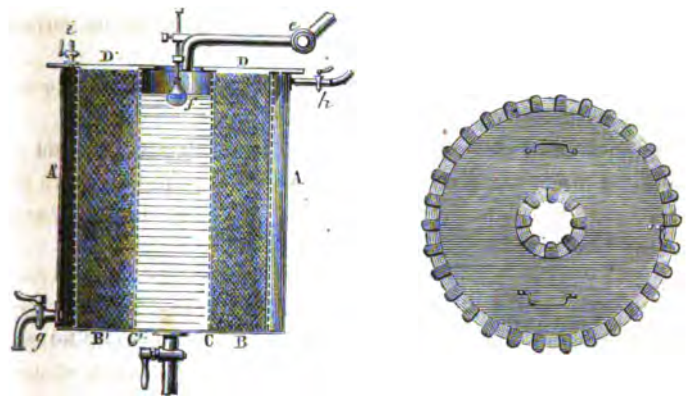


Fig. 41. Fig. 42.

beur, ainsi monté, fonctionne pendant un temps très-long, sans avoir besoin d'être démonté. La surface filtrante est égale à la surface cylindrique du cylindre intérieur, dont la mesure est donnée par la circonférence multipliée par la hauteur. En supposant une hauteur de $3^{m},25$ à la colonne liquide de ce cylindre, sur un diamètre de 1 mètre, on a une surface filtrante de $3,1416 \times 3,25 = 10^{mq.},1102$, tandis que le filtre ordinaire, de haut en bas, ne fournirait, en tenant également compte du diaphragme perposé, que $0^{mq.},7854$. Ici, la surface est proportionnelle au produit de la circonférence par la hauteur, tandis que, dans les filtres ordinaires, la surface, à diamètre égal, n'augmente pas, quelle que soit la hauteur.

Dans ces sortes de filtres, au contraire, on a tout intérêt à augmenter la hauteur active du cylindre.

On fait arriver le liquide par le robinet automoteur *e*, qu'une boule ovoïde *f* fait fermer ou ouvrir selon les mouvements du liquide et, le robinet à air *i* étant ouvert, le cylindre CC′ reçoit le jus ou le sirop à filtrer, qui passe à travers la matière filtrante contenue en CB et va s'écouler par *g*, en pénétrant dans l'espace annulaire BA.

En vertu même de la pesanteur, les parois de CC′ ne peuvent pas se salir, puisque les matières suspendues ont tendance forcée à tomber au fond et qu'elles ne peuvent rester attachées à

des parois verticales. On dispose, à volonté, un serpentin réchauffeur en CC′ pour conserver la fluidité du liquide.

Il suffit, pour le nettoyage, d'enlever, de temps en temps, par la vidange *r*, les boues du fond, et de passer quelques seaux d'eau dans le cylindre intérieur. Lorsqu'on veut faire un nettoyage plus complet, on fait arriver, par *h*, de l'eau chaude dans l'espace annulaire BA ; cette eau passe, de dehors en dedans, vers le cylindre intérieur, en débarrassant la matière filtrante des impuretés qui peuvent avoir traversé la toile.

A l'égard de cette toile, disons tout de suite qu'il est très-avantageux de la soumettre au tannage, mais que, dans ce cas, il faut éviter que le tissu en soit trop serré. L'action du tan gonfle tellement les fils et les resserre à un tel point que les toiles serrées gardent l'eau et ne filtrent plus qu'avec une extrême difficulté.

Nous ne ferons maintenant, à l'égard de la filtration mécanique ou du débourbage, qu'une seule observation. Lorsque l'on débourbe des jus fortement alcalins, on s'expose à sacrifier inutilement les toiles, surtout les tissus de laine, qui sont mis promptement hors d'usage. Nous ne filtrons qu'une seule fois les liquides neutres, lorsque la concentration les a amenés à 27° B de densité, c'est-à-dire à une richesse de 50 0/0 en sucre, et uniquement afin de les débarrasser des matières suspendues, devenues moins solubles à ce degré de densité. Si l'on avait à employer le noir comme agent décolorant, dans une fabrication bien comprise, la filtration ne devrait se faire qu'à ce moment, et nous allons faire voir sur quelles raisons nous nous appuyons pour tracer cette règle de pratique.

La *filtration décolorante* sert à la fois à débarrasser les liquides sucrés des matières en suspension et des substances colorantes. Cette filtration s'exécute, à peu près exclusivement, sur des couches plus ou moins épaisses de noir d'os. Nous en avons déjà parlé à propos de la purification des jus et de l'application des filtres Dumont ; aussi ne nous y arrêtons-nous un instant que pour insister sur la nécessité absolue de la neutralisation des liquides sucrés, lorsque l'on veut retirer du noir tous les bons effets qu'on est en droit d'en attendre.

Nous avons dit et nous maintenons que l'usage du noir en fabrication est une absurdité. Nous l'avons démontré en fabrique, où nous avons préparé, sans noir, des produits supérieurs

à ceux des méthodes nouvelles, et ces produits ont obtenu de 7 à 10 francs d'écart en plus-value à la vente. Nous allons plus loin encore dans la question. La raffinerie aurait voulu voir à ces sucres, faits sans noir, une *couleur plus foncée*, ce qui se comprend d'autant mieux qu'elle achète d'après la richesse et qu'elle paye l'impôt à la nuance...

Nous ne partageons donc pas l'avis des Allemands, à ce sujet, ni celui de quelques publicistes français, qui ont porté toute leur attention vers l'effet apparent du noir, sans en comprendre l'effet réel.

Le noir décolore. Mais si les liqueurs sont alcalines, la coloration se reproduit après chaque traitement au noir. Ce fait matériel, dégagé de toute périphrase, donne une solution parfaite sur les doutes et les hésitations qu'on pourrait mettre en avant en faveur du noir d'os. Il est clair, en effet, que si, malgré l'emploi du noir, la coloration reparaît à la concentration lorsque les causes de cette coloration ne sont pas éliminées, la filtration sur noir est inutile, au moins lorsqu'elle est exécutée sur des jus faibles, et qu'il faudrait la reporter sur les sirops concentrés à 27° B. Sous un autre rapport, les liquides doivent être *complétement neutres*, si l'on tient à ne pas voir reparaître la coloration due à l'action des alcalis. S'il en est ainsi, le noir étant toujours alcalin, au moins par la présence de la *chaux* qu'il renferme *toujours*, il apporte un contingent nuisible d'alcalinité, parce qu'il contribue à mettre en liberté une certaine proportion d'alcalis.

Nous déduirons de ceci une conséquence logique, inattaquable, et acceptable même par les partisans les plus acharnés du charbon d'os. Nous le regardons aussi comme un excellent décolorant; mais, nous disons que son action n'a une valeur définitive que lorsqu'on le fait agir sur des *liqueurs neutres* et qu'il est *neutre lui-même*. De là, nous concluons que la première nécessité consiste à neutraliser entièrement les jus et que, si l'on veut faire usage du noir, il doit avoir été traité par un agent qui lui enlève sa chaux libre et ses alcalis, s'il en contient. Ce n'est que par ce moyen que l'on parviendra à obtenir des sirops décolorés, ne se colorant plus par l'action d'une chaleur modérée.

Pour parvenir à ce résultat, il convient d'éviter l'emploi d'acides qui pourraient réagir sur le sucre, et nous avons vérifié

que le lavage *à chaud*, dans une dissolution faible de phosphate acide de chaux, offre la propriété de séparer du noir toute la chaux libre, sans qu'il puisse rester de traces de l'agent employé. Le noir d'os, contenant du charbon, du phosphate de chaux insoluble, du carbonate de la même base et de la chaux libre, le phosphate acide forme du phosphate insoluble avec la chaux et même avec une portion du carbonate de chaux, en sorte que, dans aucun cas, il ne peut rester de superphosphate dans les noirs ainsi traités. Cette action est préférable à celle de l'acide sulfurique, puisque le sulfate de chaux n'est pas exempt d'inconvénients; elle est beaucoup plus nette et elle n'entraîne aucun désavantage. Quant à l'acide chlorhydrique, nous en rejetons totalement l'emploi, à raison de l'action nuisible du chlorure de calcium qui se forme dans la réaction, et qui détermine toujours la production ultérieure de chlorures alcalins.

Un jus neutre, filtré sur le noir neutre, parfaitement décoloré, ne se colore plus à la concentration. S'il n'est pas entièrement décoloré, la matière colorante qui s'y trouve se concentre, à la vérité, à mesure que l'eau se vaporise; mais il ne s'en forme pas de nouvelles quantités, puisque les alcalis ont été éliminés, ou, plutôt, transformés en sels neutres et inoffensifs.

Nous ne saurions trop recommander à la fabrication de se bien pénétrer de l'importance de ces observations, dont le résultat définitif conduit à obtenir des sucres, très-pauvres en matières minérales, aussi blancs qu'on le désire, soit par la suppression totale du noir, soit par *une seule filtration* décolorante sur cet agent, à 27° B de concentration, ce qui ne laisse pas d'apporter une économie très-notable dans le travail.

Clarification des sirops. — Avant de terminer ce paragraphe, dont le sujet forme le complément de la purification des jus sucrés, nous croyons devoir rappeler à nos lecteurs cette ancienne opération, qui se pratiquait généralement autrefois, et qui est maintenant abandonnée. On a remplacé la clarification des sirops par leur filtration sur le noir en grains; mais on rencontre encore des fabricants qui regardent la clarification comme étant toujours très-utile, si même elle n'est pas, parfois, indispensable, et qui n'admettent pas que le noir puisse toujours y suppléer.

Il arrive souvent que des sirops *qui ne veulent pas cuire*

se comportent ensuite fort bien lorsqu'on leur a fait subir la clarification.

Nous ne préjugeons pas d'abord cette question et nous commençons par décrire l'opération en elle-même.

Les meilleurs appareils à employer pour la clarification sont des chaudières à double fond, chauffées à la vapeur, comme celle de la figure 43. Les chaudières à feu nu seraient toujours

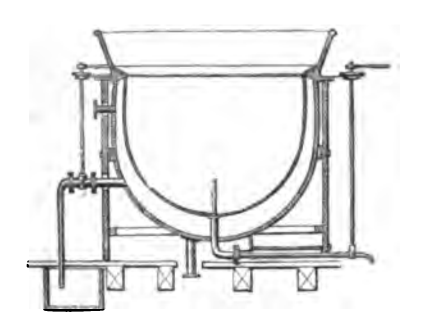


Fig. 43.

d'un très-mauvais usage, parce qu'on serait obligé d'éteindre le feu après chaque clarification et qu'il ne serait guère possible de conduire les écumes convenablement.

Voici comment on procède :

Dans le sirop à 27° Baumé, on délaye $0^{l},50$ à $0^{l},75$ de sang de bœuf par hectolitre. Ce mélange se fait mieux si l'on commence par délayer le sang avec trois ou quatre fois son volume de sirop, que l'on verse ensuite dans la chaudière. On agite avec soin à l'aide d'un râble ou d'un mouveron, puis on ajoute 1 kil. 1/2 à 2 kil. de noir fin par hectolitre. On agite pour bien mélanger le tout, et l'on élève doucement la température jusque vers + 60°, en continuant de remuer. On cesse alors d'agiter la masse, afin de laisser précipiter le noir; mais la chaleur augmentant, l'albumine du sang se coagule, elle enveloppe le noir dans un réseau et remonte avec lui à la surface. On fait monter quelques bouillons, jusqu'à ce qu'on voie les écumes se fendiller.

Le produit est filtré ou débourbé, et il est envoyé à la cuite.

La clarification n'est parfaite que si le sirop est bien neutre;

car, dans le cas d'acidité ou d'alcalinité de la liqueur, il reste dans le sirop des matières protéiques dissoutes qui fournissent des masses d'écumes à la cuite. Il convient donc de neutraliser exactement les sirops qu'on veut clarifier, même lorsque l'on n'a pas adopté la marche régulière qui consiste à n'agir que sur des solutions neutres.

Le sang de bœuf offre la composition suivante sur 1000 parties :

Eau	798,90
Fibrine	7,60
Albumine	26,10
Hémato-globuline	164,70
Matières extractives et sels	2,70
	1000,00

Le sang de mouton contient de 26,40 à 33,60 d'albumine; celui de cheval, de 78,88 à 103,29 sur 1000 parties. Comme c'est à ce principe qu'est due la clarification, on comprend que, dans certaines circonstances, le sang de cheval serait préférable à celui de bœuf et qu'il ne faudrait en employer qu'une moindre quantité.

C'est avec raison que cette manipulation a été supprimée dans le travail de la purification des jus et des sirops, et nous ne trouvons pas qu'elle puisse jamais être d'une absolue nécessité. Elle nous semble, au contraire, nuisible, dans la plupart des circonstances. Elle apporte dans les liqueurs des matières azotées, dont une certaine portion se dissout à la faveur des alcalis, et il suffirait de cette considération pour la faire repousser par une pratique éclairée. Lorsque les jus ont été purifiés dans les conditions que nous avons exposées, il n'y a pas un seul cas où l'on ait besoin d'avoir recours à ce *tripotage*, au moins en fabrication, et tout fabricant, pour lequel cette opération est *nécessaire*, doit être implicitement convaincu de négligence ou d'ignorance dans la pratique de la purification des jus.

En admettant cependant que la clarification puisse être considérée comme utile ou nécessaire, nous avouons encore que nous n'en comprenons pas l'exécution. On introduit dans les liqueurs sucrées du sang, c'est-à-dire des matières albuminoïdes, dont toutes les phases du travail tendent à opérer la

séparation ; on ne prend aucune précaution pour éliminer les portions introduites qui pourraient être dissoutes, et l'on croit avoir produit quelque chose de bon, sans prendre la peine de réfléchir et de voir plus loin que le fait extérieur. L'illusion est grande. Dans tous les liquides sucrés, clarifiés à l'albumine ou au sang, le soluté de tannin produit un *trouble* ou un *précipité*... Cette réaction dit assez que cette opération n'est pas faite rationnellement. Ce n'est que par une addition d'un agent formant un composé absolument insoluble avec la matière azotée que cette manœuvre pourrait se compléter et acquérir une certaine valeur, en la supposant utile, ce que nous contestons formellement, dans le cas où l'on a suivi les règles applicables à la purification des jus.

VI. — CUITE DES SIROPS.

Nous avons complété la purification des liquides sucrés par une filtration mécanique ou décolorante bien faite, et nous sommes en présence d'un sirop à 27° B, renfermant 50 de sucre et 50 d'eau en poids. Pour que le sucre cristallise convenablement, nous devons encore éliminer, par vaporisation, 42,5 à 45 parties d'eau au moins, de manière à ne laisser avec le sucre que 10 à 15 0/0 de ce liquide au plus. Ces 10 0/0 pourront retenir encore $10 \times 3 = 30$ kil. de sucre dissous, et il y aura $30 + 10 = 40$ kil. d'eau mère sur 100 kil. de *sirop cuit*, c'est-à-dire dont on aura éliminé toute l'eau excédante.

La *cuite* n'est donc autre chose que le complément d'évaporation nécessaire pour amener les sirops à cristallisation. Elle se fait encore souvent à feu nu dans la fabrication exotique, mais on la produit toujours à la vapeur dans les fabriques européennes. La fabrication indigène a adopté les *appareils à cuire dans le vide*, qui cuisent à l'aide d'une *basse température*, et ces appareils ont déjà été appréciés par nombre de fabricants des contrées tropicales...

Nous avons parlé précédemment des *appareils à basse pression* ainsi que des appareils de vaporisation à l'*air libre*, lorsque nous avons étudié la concentration, et nous compléterons plus loin ce qu'il importe de savoir à l'égard de ces engins et de leur emploi, selon les exigences de chaque fabrication.

Le *sirop* concentré, filtré, prêt à subir la cuite, se nomme *clairce*.

La cuite est une opération assez délicate sur laquelle M. Baudrimont a fait des observations judicieuses que nous croyons devoir reproduire avant d'entrer dans les considérations relatives à la fabrication actuelle. Nous ferons suivre les opinions de M. Baudrimont de quelques remarques de détail que nous croyons utiles aux fabricants.

« Le sirop à 25° Baumé, dit M. Baudrimont, bout à la température de + 83° Réaumur (+ 103,75 degrés centésimaux). Voici ce qu'on observe :

Lorsque la cuite marche bien, le sirop monte peu, le bouillon est clair, les yeux se succèdent avec rapidité et crèvent facilement; on pousse alors la concentration jusqu'à ce qu'on obtienne la preuve. Celle-ci peut se prendre de cinq ou six manières différentes; les voici classées selon leur importance : *preuve au filet*, *au soufflé*, *à l'eau* ou *au boulé*, *au thermomètre*. La *preuve à la dent* a du rapport avec la preuve à l'eau. La *preuve au moyen de la densité*, prise à l'aide d'un aréomètre, est défectueuse, attendu que l'épaississement du sirop est trop considérable pour qu'elle puisse avoir une grande valeur. Tous les degrés de concentration, inférieurs à la cuite, s'apprécient très-bien, au contraire, avec cet instrument.

Pour tenter la preuve au filet, on prend, entre le pouce et l'index, une très-petite portion du sirop à essayer; on en attend le refroidissement; alors on écarte les doigts en les plaçant entre l'œil et la lumière, et en ayant soin d'éviter le contact de la vapeur qui entoure toujours les chaudières. Voici alors ce que l'on observe successivement à différents degrés de concentration, en marchant vers la cuite : 1° deux gouttes se séparent; celle qui est sur le pouce, à la partie inférieure, est plus grosse que celle de l'index; 2° les gouttes deviennent à peu près égales, et leur séparation n'a lieu qu'après un plus grand écartement des doigts; 3° à un écartement de 2 centimètres, il existe une petite colonne qui se maintient et qui finit par se rompre à la partie inférieure : alors le bas du filet devient claviforme (en forme de massue), et il remonte lentement vers l'index; 4° la même chose a lieu à une distance un peu plus grande : la partie inférieure de la goutte se replie et vient donner au filet la forme d'une massue ou d'une lame allongée qui

remonte plus rapidement que précédemment; 5° après un plus grand écartement des doigts, le filet se rompt en restant très-mince et presque imperceptible par la partie inférieure, qui, en se jetant de côté, se tortille en tire-bouchon. Cette extrémité ne se replie pas sur le reste du filet, comme cela avait lieu précédemment, et celui-ci n'augmente de volume que par la cohésion qui rappelle les molécules vers l'index, seul point adhérent. Un peu plus tard, le filet ne peut plus du tout revenir sur lui-même. On cuit quelquefois à ce dernier degré et d'autres fois au degré précédent.

La preuve au soufflé se prend avec une écumoire que l'on trempe dans le sirop; on l'agite pour éviter l'écume, et on la secoue légèrement au sortir du sirop pour le répartir également sur la surface de l'instrument; on tient alors le manche horizontalement, on incline la lame de 45° environ, en tenant le bord inférieur plus rapproché du sirop, et l'on souffle fortement dessus : le sirop est bien cuit, s'il se détache, à chaque ouverture de l'écumoire, une bulle sphérique ayant au moins 1 centimètre de diamètre. Plus le sirop est éloigné de la cuite, moins on en obtient et plus elles sont petites. Il faut éviter la vapeur d'eau, qui empêche leur formation, et se servir d'une écumoire dont les ouvertures aient tout au plus 3 millimètres de diamètre.

On observe aussi que, lorsqu'on retire l'écumoire du sirop, en tenant son manche horizontalement et sa lame perpendiculaire, le sirop s'étend et s'écoule en nappe qui se divise comme par une déchirure, en partant d'un des côtés de l'écumoire.

La preuve à l'eau ou au boulé se prend en mettant environ 15 grammes (1/2 once) de sirop en essai dans un vase contenant de l'eau froide; on le prend alors dans la main, et s'il se laisse rouler en boule sans se dissoudre entièrement et sans s'écouler entre les doigts, il est suffisamment cuit. En étendant cette masse, la tenant à deux mains et la plaçant entre l'œil et la lumière, on aperçoit facilement les plus petites parcelles de corps étrangers que le sirop peut contenir, tels que charbon animal, dépôt salin des chaudières, etc.

La preuve à la dent se prend en plaçant un filet de sirop entre les dents et les rapprochant les unes contre les autres; s'il offre de la résistance sans trop s'écraser, le sirop est vers le

le point de la cuite. Cette épreuve exige une grande habitude et ne peut se décrire facilement.

Le thermomètre seul ne suffit pas pour donner une preuve, la température pouvant varier entre + 90° et + 93° Réaumur; mais il est d'une grande utilité lorsque, par des essais préliminaires, on a déterminé la température à laquelle se termine une cuite de sirop appartenant à une masse plus considérable : toutes celles qui suivent se font au même degré et, au moyen du thermomètre, on est à même d'apprécier tous les progrès de l'évaporation et de l'arrêter à temps.

On peut obtenir la preuve d'un sirop par le filet et le soufflé, avec une grande précision, lorsqu'on a un peu d'habitude. Une partie de sirop bouillant à 27° de l'aréomètre de Baumé se réduit de 0,4 en volume, par la cuite à + 90° Réaumur, et un peu moins en poids, parce que la densité du sirop cuit est plus grande que celle du sirop à 27°. Plus on avance vers la cuite, moins il faut évaporer d'eau pour obtenir un degré.

Quand on travaille des betteraves mûres, de bonne nature et récemment arrachées de terre, le premier sirop donne toutes les preuves à 90° Réaumur. Les mêmes betteraves retirées des silos donnent un sirop qui exige au moins 92°. Cela tient à ce que la quantité de sucre diminue dans le suc, tandis que les autres matières restent en même quantité, si elles n'augmentent pas.

La cuite, telle qu'elle vient d'être détaillée, appartient aux *sirops neutres;* mais les *sirops acides* et les *sirops alcalins* présentent de grandes différences : les premiers cuisent généralement bien, mais ils se colorent bien plus vers la fin de la cuite et prennent alors l'odeur de raisiné. Dans ce cas, la preuve au soufflé se montre avant la preuve au filet. Les sucres provenant de ces sirops sont très-peu nerveux et fortement colorés. Le sirop vert ne peut pas supporter deux travaux. L'acidité des sirops peut provenir de causes différentes : 1° de défécations contenant trop peu de chaux; 2° de sirops peu concentrés, conservés trop longtemps; 3° de la décomposition du sulfate d'ammoniaque par la chaleur. Ce sulfate d'ammoniaque peut provenir d'acide sulfurique employé à la défécation, ou bien pour neutraliser des sirops trop alcalins [1]. Dans tous les cas, il faut

1. Le sulfate d'ammoniaque est décomposé par le sucre et l'eau à la température de l'ébullition du sirop. Il se dégage de l'ammoniaque et l'acide

saturer le sirop par une suffisante quantité de lait de chaux, et clarifier; les sirops s'améliorent, mais on n'a jamais alors remédié qu'à une faible partie du mal déjà produit. Les sirops alcalins cuisent lentement, avec difficulté, et quelquefois pas du tout. Souvent le bouillon ne se déclare pas, le sirop monte et les corps gras qu'on y ajoute pour diminuer le bouillonnement ont très-peu d'influence sur lui. Si le bouillon vient à se déterminer, il a un aspect gras, et les bulles qui en partent se succèdent lentement et traversent quelquefois toute la chaudière d'un bout à l'autre sans crever. Bientôt le mouvement se ralentit, le bouillon s'éteint, le sirop baisse, les bulles disparaissent, et l'on brûlerait le sirop plutôt que de le faire bouillir en élevant la température. Mais, si l'on opère dans une chaudière à vapeur et qu'on en ferme le retour d'eau dans le but de la faire baisser, le bouillon reparaît un instant; et en renouvelant cette manœuvre plusieurs fois, on parvient encore à évaporer un peu d'eau et quelquefois à atteindre la cuite, quand on n'en était pas très-éloigné ; quand la distance est fort grande, on n'y peut jamais parvenir, à moins que l'on n'ait affaire à des sirops qui *refusent de cuire*, parce qu'ils contiennent des matières solides en suspension.

Il arrive souvent que les sirops alcalins présentent de l'écume vers les premiers bouillons. Elle est assez abondante et se reforme à mesure qu'on l'enlève. Cette écume paraît due à de l'albumine dissoute par de l'ammoniaque rendue caustique par la présence de la chaux. Celle-là s'échappe par l'évaporation, et l'albumine redevient libre, mais *mal coagulée à cause de la présence des autres alcalis*. Quand on ajoute un corps gras à *un sirop qui ne veut pas cuire*, soit pour l'empêcher de monter, soit pour faciliter l'évaporation de l'eau, il se forme une *matière jaune opaque* qui vient en grande abondance nager sur le sirop : c'est un *savon insoluble*, à base calcaire, dont les acides varient suivant la nature du corps gras employé...

M. Baudrimont s'occupe ensuite des causes de l'alcalinité des sirops[1]. Il conseille l'emploi de l'acide sulfurique pour neutra-

reste dans le sirop. Si celui-ci contient des nitrates, il peut encore arriver qu'il se produise des vapeurs d'acide hyponitrique qui sont dues à la réaction du sucre sur l'acide nitrique séparé du nitrate par l'acide sulfurique devenu libre par la décomposition du sulfate d'ammoniaque.

1. V. *Notes justificatives*, à la fin du volume.

liser les sirops et il est d'avis que cet acide n'est nullement dangereux quand on s'en sert convenablement. Il passe en revue l'action du carbonate d'ammoniaque, du charbon, de l'acide carbonique, et il ajoute :

« Plus les sirops sont de qualité inférieure, plus la cuite doit être *serrée;* aussi doit-on cuire plus fortement les seconds produits que le premier, comme nous le verrons plus tard.

« La cuite est une des opérations les plus importantes de la fabrication du sucre... »

L'auteur que nous citons trouve, cependant, que l'importance de la cuite est moins grande dans la fabrication que dans le raffinage, et qu'elle n'offre jamais de difficultés lorsque la matière est de bonne nature et que les opérations préliminaires ont été bien conduites. Elle nécessite toujours de grands soins, car, le sucre étant soumis à une température élevée dans cette opération, il subit un commencement d'altération, si les appareils ne sont pas bien conçus.

On voit, sans difficulté, que les observations de M. Baudrimont se rapportent à la *cuite en sirop* et à l'*air libre*, par la *vapeur*, en sorte que l'on doit tenir compte de ce fait dans les applications à en déduire.

Remarques. — 1° Il est bien exact de dire que le thermomètre seul ne suffit pas pour donner la preuve de la cuite d'un sirop. On peut obtenir la cuite à + 100° et au-dessous, même à l'air libre; l'élimination de l'eau ne dépend que du temps employé dans ce cas. Nous avons obtenu la cristallisation du sucre prismatique en plaçant du sirop à 30° Baumé sous une cloche, en présence de l'acide sulfurique concentré ou de la chaux caustique.

2° Il est encore très-vrai que les bonnes matières premières donnent un produit qui cuit mieux et plus vite que les autres; mais c'est une fausse idée que de croire qu'il y a des sirops qui *veulent* ou ne veulent pas cuire; il serait plus juste de dire que les sirops provenant de *jus mal travaillés*, mal purifiés, présentent de grandes difficultés à la cuite.

3° Les observations relatives aux sirops acides méritent attention. Ces sirops cuisent bien, mais ils noircissent et donnent plus de mélasse que les autres; le sucre est gras et il se décompose facilement : c'est le cas des sucres de canne préparés par les

procédés ordinaires. Les deux premières causes de l'acidité des sirops sont inattaquables; la troisième n'est pas assez prise en considération par les fabricants, dont l'intérêt est de ne jamais avoir que le moins possible de sulfate d'ammoniaque dans les sirops.

4° Nous ne saurions partager l'opinion de l'auteur, relativement à l'emploi de l'acide sulfurique pour neutraliser les sirops alcalins; nous en avons exposé les raisons. Il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de n'*ajouter que ce qu'il faut d'acide*.

5° Le carbonate d'ammoniaque nous paraît être d'un mauvais emploi, le sucrate d'ammoniaque étant presque aussi nuisible que le sucrate de chaux.

6° L'acide carbonique n'a qu'une action limitée. S'il décompose entièrement le sucrate de chaux, une portion de carbonate calcaire reste en dissolution dans les carbonates alcalins et ceux-ci se décomposent ultérieurement.

7° L'albumine coagulée et les autres matières protéiques deviennent solubles dans les liqueurs alcalines, et M. Baudrimont a parfaitement saisi la condition dans laquelle les jus se trouvent placés lorsqu'ils sont alcalins : la formation du savon calcaire est également bien définie. Nous regrettons seulement que cet observateur n'ait pas insisté sur la nature de cette matière jaunâtre dont il parle et qui n'est pas seulement composée de savon calcaire, mais encore d'albuminate de chaux, de gélatine et d'autres matières azotées libres ou combinées.

Sous le mérite de ces réflexions, on peut considérer les opinions de M. Baudrimont comme fort exactes, en thèse générale, et ses observations prêtent une nouvelle force à la manière de voir de ceux qui repoussent l'alcalinité des liquides sucrés comme nuisible à la matière saccharine.

Méthodes applicables à la cuite. — La cuite des sirops sucrés se fait de plusieurs manières, ou, plutôt, on peut la considérer sous différents points de vue.

Ou bien le *complément de concentration* s'exécute à l'*air libre*, ou il s'opère dans le *vide*, c'est-à-dire qu'il se fait par une température plus ou moins élevée, avec ou sans la présence de l'air atmosphérique. Quant au résultat même de la cuite, il se présente trois circonstances de pratique sur lesquelles il sera utile

de s'arrêter un instant. On cuit en *sirop* ou *en grains*, ou bien, on fait une *cuite sèche*, on fait du *concret*...

Cuite à l'air libre, dans les conditions ordinaires. — En partant de cette donnée que le sirop concentré ne bout que vers + 104° et que la cuite ne s'achève que vers + 122°, lorsque l'on complète la vaporisation de l'eau sous la pression ordinaire de l'atmosphère, on serait tenté de poser en principe que le sucre doit forcément s'altérer dans la cuite ordinaire à l'air libre. Bien des personnes, en effet, ne voyant que la surface des choses, n'ont été entraînées à adopter le vide pour la cuite que par cette considération, laquelle est fausse, cependant, lorsqu'on en exagère la portée. Il nous semble utile de rétablir les faits et de circonscrire la question dans ses véritables limites.

Le *sucre pur* éprouve la *fusion* vers + 160° (entre + 160° et + 170°), *sans décomposition*... Il devient *incristallisable*, quand on le maintient pendant quelque temps à la température de + 180°, ou quand on en fait bouillir pendant *longtemps* la dissolution aqueuse... Il se *caramélise* de + 210° à + 220° et se *décompose* à partir de cette température [1]. Ces données chimiques nous conduisent à conclure :

Si le sucre est *pur*, ou s'il n'est accompagné d'aucune substance qui puisse exercer sur lui une action nuisible, on pourra le fondre, par une température de + 160°, lui faire subir l'ébullition au-dessous de ce point, s'il est dissous dans l'eau, pourvu que cette ébullition ne soit pas trop longtemps prolongée, sans qu'il en résulte de dommage appréciable.

La question se réduit donc à ne concentrer que des jus traités selon les règles rationnelles de la technologie et à éliminer l'eau des sirops le plus rapidement qu'il se pourra. Tout est dans l'accomplissement de cette double condition, avoir des sirops bien préparés, et procéder rapidement à l'évaporation.

Or, dans une situation ainsi définie, le fabricant faisant ses cuites à l'air libre ne nous paraît pas devoir obtenir des produits moins bons ou moins abondants que s'il agissait avec le vide, et nous sommes fort loin de rejeter la fabrication à l'air libre, avec le dédain et la désinvolture de certains apprécia-

1. V. le Ier volume, ch. II, p. 38.

teurs, dont on pourrait analyser les motifs. Un fabricant sérieux, qui soigne, avant tout, la conservation d'une matière première de bonne qualité, qui surveille l'extraction de ses jus et leur purification, sans tolérer la moindre négligence à cet égard, dont les sirops sont parfaitement débarrassés de l'influence des alcalis, fera toujours mieux que tels concurrents qui traiteront de mauvais jus, mal préparés, dans un appareil à effets multiples, et qui feront leur cuite dans des appareils à basse pression, si coûteux qu'on les suppose. Il est juste de dire, cependant, que notre fabricant à l'air libre, soigneux de son travail de purification, ferait encore plus beau s'il cuisait à basse pression, et que l'inhabile n'obtiendrait que de misérables résultats dans les appareils à air libre... C'est ici, surtout, que se montre l'influence d'une direction habile et intelligente; mais nous sommes de cette opinion bien arrêtée que, si le vide est un auxiliaire utile, même pour les fabricants habiles et instruits, s'il est le sauveur des ignorants et des négligents, il ne faut pas se hâter de conclure et de proclamer qu'il est indispensable. Nous avons vu, à l'Exposition de 1867, des produits remarquables, de fabrication courante, obtenus à l'air libre, dont n'approchaient certainement pas les sucres par le vide de maints compétiteurs [1]. En un mot, on peut très-bien faire d'excellent sucre et obtenir des rendements supérieurs par la cuite à l'air libre, pourvu que les opérations préliminaires aient été bien conduites. Nous ne faisons pas d'objection contre l'emploi du vide, loin de là; mais nous nous élevons contre les arrêts de ces juges incompétents, dont la manie est de nier ce qu'ils ne comprennent pas...

Lorsqu'on applique la chaleur à la cuisson des sucres, il s'agit de vaporiser l'eau de dissolution, le plus rapidement possible, et non pas de surchauffer le sucre. On sait que de la vapeur à $+135°$ (3 atmosphères), cuit très-bien le sucre, auquel elle ne peut cependant transmettre que son calorique de vaporisation. Cette somme de chaleur suffit pour amener le sirop à

1. Nous croyons que la plupart des enthousiastes qui font de la *réclame absolue* et tranchent la question en faveur du vide, quand même, appartiennent à l'un ou l'autre de ces groupes : ou ils ne savent pas les éléments de la sucrerie, où ils ont des raisons intéressées, des *motifs sonnants*, de parler comme ils le font. Presque tout s'achète, paraît-il, et les fabricants doivent s'en rapporter à leur propre expérience, plutôt qu'à des insinuations dont le mobile n'est pas toujours d'une parfaite honorabilité.

la température de cuite, c'est-à-dire au delà de + 120°; mais on sent que ce fait est déterminé par la différence des chaleurs spécifiques de l'eau et du sucre, celui-ci accusant une température thermométrique beaucoup plus élevée pour une absorption moindre de calorique.

Pour se faire une opinion nette, il importe donc de ne pas établir de confusion entre l'indication thermométrique et la quantité de calorique réellement absorbée. Cette donnée suffit à faire comprendre que, pour compléter la concentration du sucre, ou le faire cuire, il est plutôt nécessaire d'agir par surfaces et sur couches peu épaisses que d'exalter outre mesure la température. Il y a donc, là aussi, une question d'appareils. Il est bien certain que, si l'on applique la chaleur sur des masses profondes, l'eau à évaporer sera soumise à une pression plus ou moins considérable, augmentée encore de la résistance due à la viscosité du sirop, et que l'on retardera d'autant plus la séparation de cette eau que la masse sera plus épaisse et plus difficile à franchir par les bulles.

Cette nécessité de cuire les sirops en masses peu épaisses a toujours été comprise, même dès les premiers temps de la sucrerie. Sans nous arrêter à le démontrer par des exemples puérils, nous rappelons seulement que la chaudière de Pecqueur, une des meilleures chaudières à air libre qui aient été construites, était très-peu profonde relativement à sa surface. Cette machine est représentée par la figure 44 ci-dessous, qui en donne un aperçu très-suffisant.

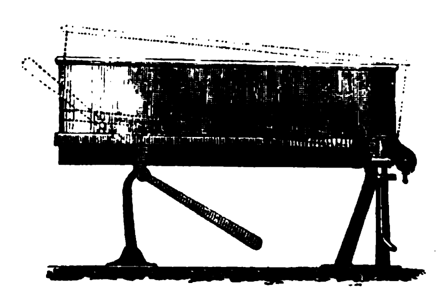


Fig. 44.

La chaudière de Pecqueur repose sur un bâti en fonte et peut basculer dans la position marquée par les lignes ponc-

tuées, lorsqu'on relève le levier et qu'on lui fait prendre la situation indiquée également par des lignes ponctuées. Lorsque le sirop est parvenu au point de cuite, et que l'excès d'eau a été vaporisé, on fait basculer la chaudière, et le sirop cuit s'écoule par un robinet placé à la partie déclive.

L'inventeur a établi sa construction pour obtenir l'évaporation par surfaces, car le chauffage s'effectue par des tubes en étrier aussi nombreux que le permet la superficie du fond du vase lui-même ; la vapeur est apportée dans ces tubes par une grosse prise munie d'une boîte à étoupes et d'un retour de condensation (fig. 45).

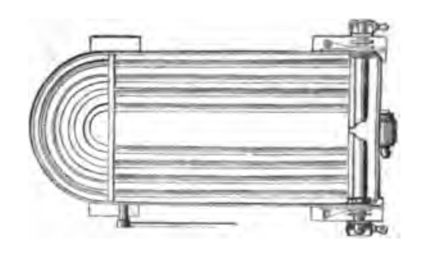


Fig. 45.

On ne saurait trop appeler l'attention des fabricants sur ce point capital de la cuite par couches peu profondes et sur la nécessité de faire le complément de la concentration dans un temps très-court, afin de ne pas exposer trop longtemps le sucre à l'action de la chaleur. Les risques sont moins grands avec des sirops neutres et bien purs, il est vrai ; mais, comme *le sucre chimiquement pur* n'échappe pas aux conséquences d'une action prolongée, on comprend toute l'importance qui s'attache à la rapidité des opérations.

Nous n'entrons pas à présent dans les détails relatifs à certaines pratiques particulières ou à certains procédés spéciaux, qui trouveront leur place dans une description plus circonstanciée. Nous ferons observer, cependant, que la cuite à l'air libre se fait généralement à la vapeur, en Europe : les seules exceptions que l'on rencontre, relativement au mode de chauffage, se rapportent à la fabrication exotique, et ce n'est pas ce dont on doit le plus s'applaudir dans les contrées où l'on traite la canne. Il nous semble parfaitement démontré que si la cuite à

l'air libre et à la vapeur est sérieusement applicable, la cuite à feu nu, *par masses profondes*, doit être rejetée de la pratique.

Nous aurons occasion d'étudier un mode de concentration par surfaces à feu nu, suivi de la cuite par l'air chaud, qui peut donner de bons résultats, non-seulement dans les colonies et pour la fabrication exotique, mais même pour la fabrication indigène. Nous voulons parler de l'appareil connu sous le nom de *concretor de Fryer*, sur lequel il y a bien des choses à dire, bien des objections à faire, mais que l'on a jugé, en France, avec un esprit de parti préconçu dont nous devons rechercher la raison déterminante.

Sous un autre rapport, nous verrons dans un instant que la cuite à l'air libre peut se faire à basse température, et que, par conséquent, les critiques malveillantes des courtiers en chaudières à basse pression cessent d'avoir la moindre valeur.

Cuite dans le vide. — Ce que nous avons dit au sujet de la concentration par le vide s'applique en grande partie à la cuite.

Conduite du travail et résultats de la cuite. — Nous avons dit que la cuite se fait en *sirop*, en *grains* ou en *concret*... La marche du travail diffère selon le résultat que l'on cherche à obtenir, et il n'est pas sans utilité d'examiner quelle doit être la conduite de l'opération dans chacune de ces applications principales.

Cuite en sirop à l'air libre. — En faisant arriver dans la chaudière à cuire du sirop à 27° B ou à 50 0/0 de richesse, on doit faire vaporiser assez d'eau pour obtenir, de *premier jet*, la plus grande quantité possible de produit cristallisé, puisque les premiers produits sont toujours plus purs que les produits secondaires. Cette règle s'applique à la cuite dans le vide aussi bien qu'à celle qui se fait à l'air libre. Il importe donc de ne laisser dans le sirop qu'une proportion d'eau assez faible, suffisante pour maintenir une fluidité relative, mais ne dissolvant que le minimum de sucre après refroidissement.

Nous savons que le sucre est soluble dans le tiers de son poids d'eau à la température ordinaire de + 15° et, de ce fait, il résulte *théoriquement* que, si on laisse dans un sirop cuit 10 0/0 d'eau, cette quantité d'eau empêchera la cristallisation

de 10 × 3 = 30 de sucre, en sorte qu'on ne retirera que 60 de sucre réel et 40 de sirop d'égout, formé de 30 de sucre et de 10 d'eau. Ceci serait exact avec une dissolution de *sucre pur ;* mais, dans les conditions de la fabrication, il importe de compter avec un autre élément, c'est-à-dire avec les sels et les matières étrangères au sucre, qui absorbent une certaine quantité de cette eau.

En nous reportant à l'analyse de la mélasse, c'est-à-dire du sirop saturé qui se sépare du sucre cristallisé, nous trouvons que ce sirop renferme, en moyenne, sur 1000 parties en poids :

Eau	225,00
Sucre	490,00
Matières organiques	181,00
Sels minéraux	104,00
	1000,00

Il résulte, de cette donnée, que 1 partie d'eau, restée dans le sirop parvenu au point de cuite, dans ce que l'on appelle la *masse*, dissout seulement 2,18 de sucre, et non pas 3 parties, et que ce sucre engagé est accompagné de 1,27 de matières étrangères, en sorte que 1 d'eau sert à la dissolution de 3,45 de matières diverses, dont les deux tiers à peine sont du sucre réel. Les conséquences de ce qui précède peuvent être groupées sous forme de tableau et fournir des indications assez intéressantes.

Appréciation du produit cristallisable par 100 kilogrammes de masse cuite, selon le degré de la cuite.

EAU RESTANT dans la masse.	SUCRE DISSOUS dans la mélasse.	MATIÈRES ÉTRANGÈRES de la mélasse.	PRODUIT BRUT cristallisable extractible.
15	32,70	19,05	33,25
14	30,52	17,78	37,70
13	28,34	16,51	42,15
12	26,16	15,24	46,60
11	23,98	13,97	51,05
10	21,80	12,70	55,50
9	19,62	11,43	59,95
8	17,44	10,16	64,40
7	15,26	8,89	68,87
6	13,08	7,62	71,30
5	10,91	6,35	77,74

On déduit aisément des chiffres de ce tableau cette conséquence que, si, par une *cuite plus serrée*, c'est-à-dire, par une plus grande vaporisation d'eau, on obtient plus de produit, ce produit renferme des matières étrangères qu'une plus grande proportion d'eau aurait entraînées. Ainsi, soient données pour exemples les deux cuites extrêmes, l'une à 15 0/0 et l'autre à 5 0/0 d'eau, nous voyons que la cristallisation, dans la cuite à 15 0/0 d'eau, est de 33^k,25, que le chiffre de la mélasse est de 15 d'eau, + 32,70 de sucre, + 19,05 de matières étrangères, ou, en tout, de 60,75 0/0 de la masse cuite. Dans la cuite à 5 0/0 d'eau, on est en face de 77,74 de produit cristallisé et de 5 + 10, 91 + 6,35 = 22,26 de mélasse. On a gagné 32,70 — 10,91 = 21,79 de sucre, il est vrai, mais le produit 77,74 contient 19,05 — 6,35 = 12,60 de matières étrangères qui n'ont pu être entraînées par la faible quantité d'eau demeurée en présence.

La valeur sucre de ce produit n'est donc que de 77,74 — 12,60 = 65,14 et les 12,60 de matières étrangères devront être l'objet d'un travail d'élimination qui n'atteigne pas le sucre, si l'on veut profiter du bénéfice résultant de la séparation d'une plus grande quantité de sucre de premier jet.

Il est bien évident, au reste, que des chiffres de ce genre ne peuvent conduire à rien d'absolu et que les véritables éléments se déduiraient plus exactement de la composition du jus purifié. En effet, si les matières organiques, étrangères au sucre, ont été éliminées par un traitement convenable, la composition de la mélasse est radicalement modifiée, le produit cristallisé ne contient plus que du sucre et des sels minéraux et les bases d'application changent du tout au tout. Si la purification a été portée à ses dernières limites, on a séparé, par cette opération, la presque totalité des matières organiques et l'on a transformé les alcalis en sels inoffensifs.

Dès lors, la quantité de sucre que l'on peut retirer d'une masse cuite atteint les limites de la théorie et elle peut même les dépasser, à raison de la quantité d'eau absorbée par les sels.

Même lorsque les sirops sont très-purs, l'observation apprend qu'ils produisent toujours, en arrivant vers le point de cuite, une sorte d'écume due à la difficulté que les bulles de vapeur rencontrent pour s'élever à travers un liquide très-

dense; lorsqu'elles parviennent à la surface, elles se trouvent enrobées par une mince pellicule de sirop, qui ne crève plus aussi rapidement qu'à un degré moins élevé de concentration. Cette particularité diffère de celle que l'on observe avec des jus impurs, contenant des matières albuminoïdes; car, dans cette dernière circonstance, les bulles de vapeur ne sont plus seulement enrobées de sirop, mais de matières protéiques, d'albuminate de chaux, de savonules, qui restent à la surface des produits, en y formant un cambouis jaunâtre. Cette couche de matières étrangères s'épaissit de plus en plus jusqu'au point de cuite et, bien qu'elle n'empêche pas *toujours* le sucre sous-jacent de cristalliser, elle n'est pas moins un *indice certain* d'une purification mal faite ou mal comprise.

Une dissolution de *sucre pur* dans un poids égal d'eau marque 26°83 B et présente une densité de 1228,95... Dans la pratique, avec les jus normaux, on considère des sirops à 27° B et 1230 de densité comme représentant 0,50 de sucre. Cette petite différence tient à la présence des matières étrangères dont les observateurs ne paraissent pas avoir tenu un compte suffisant. C'est donc là une sorte d'à peu près, mais il vaut mieux en faire usage que de s'en rapporter aux chiffres calculés sur le sucre pur, parce qu'il serait difficile, avec ceux-ci, de ne pas compter, comme sucre, des matières étrangères.

Quoi qu'il en soit, les 1000 litres de sirop brut à 27° B (1230) contiennent :

Sucre, etc.	615k	} = 1230k
Eau	615k	

Pour cuire en *sirop*, à la *preuve au filet*, à 15 0/0 d'eau, 1000 litres de sirop concentré, il faut faire vaporiser assez d'eau pour qu'il n'en reste plus avec le sucre que 108k,53, c'est-à-dire qu'il faut en vaporiser 506k,47. Le volume de 1000 litres de clairce se réduit, par le complément de concentration, à 723k,53 de masse cuite froide.

On trouve expérimentalement, que le sirop de cuite, au filet, par 85 de sucre et 15 d'eau, présente, à chaud, une densité de 1398,60, tandis que, après refroidissement, cette densité devient 1428,57. Sachant que 1000 litres de clairce à 50 0/0, par 1230 de densité, perdent 506,47 d'eau, on voit que l'expression du poids a changé par la vaporisation de 506k,47 d'eau, et que ce

poids est devenu 1230 — 506,47 = 723k,53. Cette masse sirupeuse offre, à chaud, une densité de 1398,60 et, à froid, une densité de 1428,57. Il s'en suit que le volume de la cuite égale, à chaud, $\frac{723^{k},53}{1,3986}$ et, à froid, par + 25° environ, $\frac{723,53}{1,42857}$. Le calcul donne, pour la première circonstance, 517 litres 32 et, pour la seconde, 506 litres 47, en sorte que la clairce introduite dans un appareil à cuire sera arrivée au point de cuite au filet, à 15 d'eau 0/0, lorsque le volume initial de 1000 litres sera tombé à 517 litres 32 à chaud. Il ne nous semble pas difficile d'asseoir un jugement net sur cette diminution de volume, et l'on pourrait établir, dans les appareils, des points de repère qui indiqueraient la diminution de volume à laquelle on serait parvenu et le point de cuite.

Remarquons, en passant, que 1000 litres de clairce ne rendent que 506 litres 47 de masse cuite, refroidie à + 25°.

Cette preuve par le volume nous paraît plus rationnelle que celles dont nous avons parlé; car, ici, il n'est plus nécessaire d'avoir un ouvrier expérimenté pour se rendre un compte approximatif, illusoire souvent, de la valeur d'un sirop et de son arrivée au point de cuite.

Quoi qu'il en soit, il sera toujours plus commode de calculer sur une diminution de volume, constatable par le premier venu, sans fatigue, sans chance d'erreur, que d'attendre qu'il plaise à un cuiseur plus ou moins exercé, de déclarer la *cuite faite*. Nous préférerons toujours, en industrie, une *certitude* à un *peut-être*.

Nous ne voulons pas, cependant, rejeter les preuves empiriques dont l'utilité ne nous paraît pas contestable. Il y a des circonstances, fort nombreuses, où la preuve réelle, presque mathématique, de la cuite, par la diminution du volume, serait très-difficile, et il convient de ne rien négliger pour l'appréciation de cette phase importante du travail.

Les diverses *preuves* répondent aux degrés suivants de température dans la cuite à l'air libre.

PREUVES.	TEMPÉRATURE de L'ÉBULLITION.	CONTENANCE SUR 100 PARTIES.	
		EN SUCRE.	EN EAU.
Filet.............	109°	85	15
Crochet léger......	110 ,5	87	13
Crochet fort..... .	112	88	12
Soufflé léger......	116	90	10
Soufflé fort........	121	92	8
Cassé petit........	122	92,67	7,33
— grand.......	128 ,5	95,75	4,25
— sur le doigt..	132 ,5	96,55	3,45

Ces chiffres présentent des différences notables avec la table de Dutrone que nous reproduisons ici.

DEGRÉS du thermomètre centigrade.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR.	EAU de dissolution enlevée à chaque degré du thermomètre.	PRODUIT en sucre qui peut cristalliser pour chaque degré.	EAU qui est restée combinée au sucre à l'état de sirop après la cristallisation.	SUCRE qui reste combiné à l'eau à l'état de sirop après la cristallisation.
	Degrés.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
103,75	83	» »	» »	60 »	100 »
105,00	84	4,810	8 »	55.190	92 »
106,25	85	11,560	19,250	48.410	80,750
107,50	86	18 »	30 »	42 »	70 »
108,75	87	24,600	41 »	35,400	59 »
110,00	88	31,266	52 »	28,734	48 »
111,25	89	33,750	56 »	26,250	44 »
112,50	90	36,187	60,312	23,813	39,688
113,75	91	38,062	63,250	21,938	36,750
115,00	92	39,250	66,187	20,750	33,813
116,25	93	41,475	69,125	18,525	30,875
117,50	94	43,250	72,062	16,750	27,938
118,75	95	45 »	75 »	15 »	25 »
120,00	96	46,420	77 »	13,580	23 »
121,25	97	48,470	80,312	11,530	19,688
122,50	98	50,080	83,187	9,920	16,813
123,75	99	51 »	85 »	9 »	15 »
125,00	100	52,370	87,250	7,630	12,750
126,25	101	53,083	88,375	6,917	11,625
127,50	102	54,062	90,062	5,938	9,938
128,75	103	55,225	91,250	4,775	8,750
130,00	104	55,750	92,437	4,250	7,533
131,25	105	56,475	94,125	3.525	5,875
132,50	106	57,218	95,312	2,682	4,688
133,75	107	58,406	97 »	1,594	3 »
135,00	108	58,906	98,125	1,094	1,875
136,25	109	59,475	99,125	0,525	0,875
137,50	110	60 »	100 »	» »	» »

Ainsi qu'il a été dit plus haut, il convient de ne pas prendre

ces chiffres comme des représentations de faits absolus; d'ailleurs, les nombres donnés par les observateurs diffèrent selon les circonstances de leur expérimentation.

Nous ferons encore une remarque sur la *preuve au filet* et sur la *preuve au crochet* qui sont les preuves caractéristiques de la cuite faible ou forte, en sirop, à l'air libre. Voici un fait qui indique la nécessité de modifier les errements suivis à cet égard. Des cuiseurs habitués à prendre la preuve au filet ou au crochet léger, avec des sirops provenant de jus alcalins, parviennent difficilement à régler la preuve de sirops venant de bons jus bien purifiés, séparés des matières protéiques et débarrassés de l'influence des alcalis. Comme, dans leur travail ordinaire, les sirops sont très-visqueux, ce qui est l'opposé d'une bonne fabrication, ils ne jugent qu'avec peine les sirops *minces et fluides* résultant de bons jus bien préparés, et ils dépassent presque toujours de beaucoup le point de cuite. Cela tient à ce que le *filet* ne s'obtient que par une très-grande concentration, répondant à peu près au *soufflé* des sirops ordinaires, lorsqu'on traite des sirops de jus neutres bien purs. Au moment de la cuite à 15 0/0 d'eau, ces sirops ne donnent encore que de la *goutte*, c'est-à-dire qu'ils s'aplatissent sur le pouce et n'ont pas assez de cohésion pour former le filet. Cette preuve n'est bien nette que par la concentration à 10 0/0 d'eau. Il nous semble démontré par là que la preuve résultant de la diminution de volume serait le meilleur moyen d'aplanir ces petites difficultés.

Cuite en sirop dans le vide. — Malgré les raisons sérieuses sur lesquelles on peut s'appuyer pour pratiquer la cuite à l'air libre et bien que l'on obtienne ainsi des produits d'autant plus parfaits que les opérations précédentes ont été faites avec plus de soin, il n'en est pas moins exact de dire que l'emploi du vide constitue un progrès réel et incontestable. L'application de la chaleur par le vide permet de tirer parti d'une fabrication médiocre; elle économise, en outre, une proportion notable de calorique, puisque, par ce moyen, la vaporisation se produisant à une température plus basse, une même surface de chauffe et une même quantité de chaleur donnent lieu à la séparation d'une plus forte proportion d'eau, ou une même quantité d'eau est vaporisée par une surface de chauffe et une

proportion plus faible de calorique. Tout cela est assez connu pour que nous n'ayons plus à y revenir.

En ce qui concerne la pratique de la cuite, elle est complétement analogue à celle de la concentration qui a été décrite plus haut.

En résumé, le mérite des appareils à cuire dans le vide se traduit par deux résultats : ils exposent le sucre à une moindre température, ce qui est un avantage considérable pour des sirops qui ne sont pas absolument irréprochables, et ils économisent le combustible. Leurs défauts consistent dans leur prix élevé et dans le mode actuel de travail, en ce sens que, dans la plupart des dispositions adoptées, on fait agir le calorique sur de trop grandes masses et que la cuite demande un temps assez long en rapport avec la masse qu'on y introduit.

En général, la température d'ébullition de la matière sucrée est de $+70°$ à $=80°$. Nous la considérons comme représentant une moyenne de $+75°$ et, dans cette condition, si le vide est bien maintenu, on obtient une vaporisation proportionnelle à la différence entre la température de la vapeur employée et la température d'ébullition.

Avec de la vapeur directe à $+135°$, cette différence est de 60°; elle n'est que de 35° par la vapeur de retour à $+110°$. Dans le premier cas, on vaporise $60 \times 3,6 = 216$ kil. par mètre carré et par heure; la vaporisation n'est que de $35 \times 3,6 = 126$ kil. dans le second.

On comprend que le vide sera d'autant plus parfait dans un appareil que l'action de la pompe aspirante sera plus régulière et que les vapeurs seront mieux condensées par l'injection d'eau. Il en résulte que le point d'ébullition des sirops étant d'autant plus élevé qu'ils sont plus concentrés et que le vide est moins complet, on abaissera le point d'ébullition en augmentant le vide par une condensation plus complète des vapeurs. Cette augmentation du vide doit être produite à mesure que les sirops se concentrent davantage, puisque ce sont précisément les sirops les plus riches en sucre qui doivent être soumis à une température moindre. En fait, si l'on se reporte aux conditions de la purification des jus, on voit que les sirops neutres dispensent de ces petites inquiétudes et qu'ils entraînent une régularité plus grande des opérations.

La cuite en sirop dans le vide porte encore le nom de *cuite*

claire, et elle est absolument soumise aux mêmes règles que la cuite à l'air libre. Le point important dans les cuites en sirop consiste à atteindre le degré précis de concentration nécessaire pour obtenir de beaux cristaux, sans le dépasser. Lorsque l'on n'a pas séparé assez d'eau, le sucre cristallise en très-beaux cristaux, plus ou moins gros et de forme très-régulière, mais on n'en retire qu'une quantité moindre, puisque l'eau non évaporée en retient 3/4 en dissolution dans les sirops. Si, au contraire, on a trop *serré la cuite*, si elle est poussée trop loin, on n'obtient, dans des conditions égales, que des cristaux très-petits, fort difficiles à séparer.

Les preuves se prennent comme pour la cuite à l'air libre. On les obtient en retirant un peu de sirop à l'aide de la sonde; c'est la preuve au filet qui est prise lorsqu'on cuit en sirop par le vide.

Lorsqu'on a obtenu la preuve, on arrête la vapeur; l'arrivée de l'eau de condensation est supprimée; on arrête la pompe. On ouvre alors le robinet à air pour détruire le vide intérieur, puis on fait couler le sirop par la soupape de vidange.

Cuite en grains dans le vide. — Étant donnée cette circonstance que, dans un sirop assez concentré pour qu'il ne puisse conserver en dissolution le sucre qu'il contient, la cristallisation de ce sucre commence vers + 80° de température, lorsque le sirop cuit est abandonné à lui-même, on peut comprendre aisément cette forme de cuite, fréquemment usitée aujourd'hui, et connue sous le nom de *cuite en grains*.

L'abaissement de la température d'ébullition, que les appareils à basse pression peuvent conduire de + 80° à + 65°, est la condition de la séparation des cristaux au sein même du sirop soumis à la concentration, de la *formation du grain*, que l'on observe dans les sirops clairs, lorsque la température en est descendue au-dessous de + 80°. Si un sirop, contenant 10 à 15 p. 100 d'eau, commence à montrer du grain, lorsqu'il est refroidi à ce point et si cette formation du grain est favorisée par l'agitation ou le mouvage de la masse, on doit admettre que, dans les appareils à basse pression, par + 70° de température, avec le mouvement de l'ébullition pour auxiliaire, le sucre se séparera en cristaux plus ou moins nets, aussitôt que la concentration sera telle qu'il ne pourra plus rester en disso-

lution. C'est sur ces faits que repose le principe capital de la cuite en grains.

On comprend encore que le grain sera d'autant plus net et mieux formé que l'opération sera conduite plus lentement, et que les cristaux seront d'autant plus gros et mieux définis que le sirop sera moins concentré relativement.

Pour avoir de gros cristaux, il faudra donc cuire plus lentement et moins *serrer* la cuite ; c'est le contraire qu'il faut faire lorsque l'on veut avoir du grain très-fin.

Ces données générales seront rendues plus compréhensibles par la description de la marche suivie en pratique.

On fait arriver dans l'appareil, après y avoir fait le vide, environ les 2/5 du sirop à 27° B (1230 d.) nécessaire pour une cuite complète.

Lorsque ce sirop est cuit et qu'il donne la preuve au crochet faible, on fait une addition de clairce à 27°, qui ne doit pas dépasser 1/25 de ce qui reste à introduire dans l'appareil. Lorsque la preuve est revenue au crochet, on fait une nouvelle addition de clairce, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tout soit introduit.

En général, vers la sixième addition, on trouve, en prenant la preuve, que les cristaux ont commencé à se former. Vers la dix-huitième, ils sont devenus nets, d'une bonne grosseur, et résistants.

Jusqu'alors, il a fallu *ménager la cuite*, en diminuant la température et en chauffant avec moins d'activité; mais, à ce moment, et pour les dernières additions de clairce, on peut procéder avec un peu plus de rapidité, tout en augmentant le vide, de façon à diminuer la température intérieure. Cette précaution rend la masse moins compacte et atténue le sirop, de manière qu'il se sépare plus aisément des cristaux.

Lorsque la preuve est obtenue, après la dernière addition, les cristaux restent sur le doigt et la séparation ne présente qu'un peu de sirop, détaché du grain, lorsque l'opération a été bien conduite. Les cristaux ne doivent pas se dissoudre entre les doigts lorsqu'on les malaxe dans un peu d'eau.

On procède alors à la vidange, et la masse est envoyée aux cristallisoirs.

Le succès de ce genre de travail est certain avec les *clairces neutres;* mais il n'en est pas de même avec *clairces alcalines* qui

donnent souvent des cuites grasses, fort difficiles à concentrer. Les *claircès acides* donnent des *cuites folles*.

Plus un jus a été purifié des matières étrangères au sucre, mieux la cuite se fait et plus nets sont les cristaux. On peut dire, sans exagération, que la cuite peut servir de contrôle au travail préliminaire, en sorte que, si le cuiseur est attentif, il peut presque toujours se rendre compte de l'opération, préalable à la cuite, qui a été mal faite ou négligée.

1° Lorsque l'on ajoute du sirop à la cuite, on force un peu la proportion si l'on veut obtenir de gros cristaux; c'est le contraire dans le cas opposé. Pour la production de gros grains, il importe, en effet, de laisser les cristaux se former lentement, tandis que, pour les petits grains, il convient de troubler la cristallisation tout en accélérant le travail.

2° Plus la cuite est lente, plus on forme de gros cristaux; c'est là un principe général de cristallisation qui trouve ici son application, puisque la cuite en grains est, à la fois, un complément de concentration et une cristallisation.

3° Les petites charges fréquemment répétées et la cuite rapide donnent des cristaux plus fins.

4° Plus la preuve prise avant les additions de clairce est légère et plus on obtient de gros cristaux.

Les preuves trop fortes au commencement du travail sont un des plus grands obstacles à la réussite.

Cuite en grains à l'air libre. — De ce qui vient d'être exposé relativement à la cuite en grains dans le vide, on peut conclure, régulièrement, que cette forme de cuite est également possible à l'air libre, toute la question se réduisant à maintenir dans la masse une température assez basse pour que le grain puisse se former. Or, ce problème est loin d'être insoluble. Voici d'abord une expérience de laboratoire qui le démontre.

Après avoir fait concentrer à 27° B du jus de betterave convenablement purifié et neutre, on le porte à la cuite au filet par un moyen de chauffage quelconque, même à *feu nu*, si l'on veut. On le laisse alors refroidir entre + 75° et + 80°, et *on le maintient à cette température*, en faisant des additions successives égales au vingtième de la clairce primitive, et en poussant chaque fois jusqu'au filet, avant de faire une nouvelle addition et en agitant constamment. Après une vingtaine d'opérations

d'addition, on a du grain bien formé, et l'on continue jusqu'à ce que l'on ait ajouté une fois et demie autant de clairce qu'on en avait employé à la première mise.

Cette démonstration se fait très-bien en grand avec la chaudière de Welzell, ou plus facilement encore avec la modification indiquée par la coupe de la figure 46, que nous avons appliquée à la fabrication du sucre prismatique.

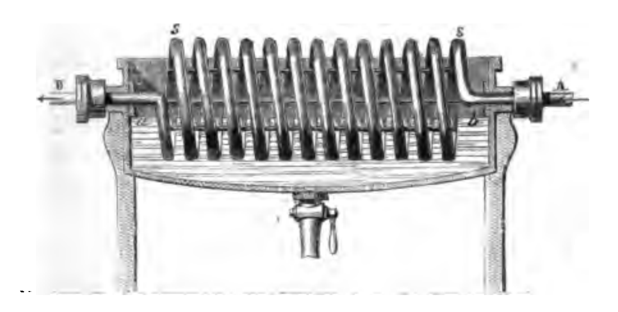


Fig. 46.

La clairce est introduite dans une chaudière en demi-cylindre jusqu'au niveau de la ligne d'empli *ab*, puis on donne le mouvement au serpentin *ss* qui plonge dans le sirop sur un tiers de son diamètre. On introduit la vapeur qui entre en A dans le serpentin et sort en B. Disons que l'appareil est muni des robinets et accessoires nécessaires et que la coupe ci-dessus n'a d'autre but que de faire comprendre le travail.

L'échauffement du sirop, dans le demi-cylindre, ne s'élève jamais beaucoup, parce que la vaporisation se fait sur la portion du serpentin hélicoïdal qui sort du sirop dans le mouvement. Pour arriver à l'ébullition, on est obligé de faire de 20 à 25 tours par minute et de donner à la vapeur toute son action utile. Cependant la vaporisation se faisant par couches très-minces et en surfaces, sur la portion du sirop entraînée par les spires de l'hélice, elle est extrêmement rapide, bien que le sirop ne bouille pas. Lorsque la preuve au filet est arrivée ou lorsqu'elle est prête d'arriver, si on remplit avec de la clairce jusqu'en *ab*, on peut encore conduire à la preuve et ainsi de suite jusqu'à ce que la quantité de sirop cuit soit égale en volume à la clairce primitivement introduite. On peut obtenir toutes les

preuves avec cette chaudière et cuire en sirop au filet, au crochet, au soufflé, ou même plus serré encore.

C'est donc, à proprement parler, une chaudière à cuite claire, à l'air libre.

Lorsqu'on veut s'en servir pour faire de la cuite en grains, il suffit d'appliquer cette condition essentielle, indiquée plus haut, de la cuite lente et tranquille, à une température inférieure à + 80°. On commence par faire arriver de la claircc jusqu'en *ab* et l'on cuit jusqu'au filet.

Lorsque cette preuve est obtenue, on diminue le mouvement et l'on ferme partiellement l'entrée de vapeur, de façon à maintenir la matière vers + 75° seulement, et l'on ajoute de la clairce, comme si l'on opérait dans le vide, par fractions de un vingtième de la clairce primitive, en poussant chaque fois la concentration jusqu'au filet. Le grain se montre, suivant la qualité du sirop, entre la cinquième et la huitième addition. Pour obtenir du gros grain, il faut que la preuve soit prise très-légère, que le mouvement soit lent et que la quantité de vapeur introduite dans le serpentin suffise pour porter le sirop entre + 70° et + 75°, ce qui ne demande qu'un peu de pratique et d'habitude.

La vérification expérimentale de ce fait est très-facile. D'ailleurs, même avec la Wetzell ordinaire, on cuit en grains, dans plusieurs fabriques de sucre de canne, et le reproche que nous faisons à cette chaudière ne repose pas sur les résultats du travail, mais bien sur les inconvénients de construction qu'elle présente et auxquels nous avons remédié par la disposition hélicoïdale du serpentin.

On peut donc cuire en grains, même à l'air libre; mais il faut, pour réussir, avoir bien présentes à l'esprit les règles qui ont été tracées au sujet de la cuite en grains par le vide.

Cuite sèche ou en concret par le vide. — Cette forme de la cuite consiste à pousser la vaporisation de l'eau jusqu'à ce qu'il n'en reste pas plus de 5 à 7 p. 100 dans la masse, ce qui donne la preuve au *cassé*.

En principe général, il ne nous semble pas que cette cuite soit bien profitable à la fabrication, au moins si l'on opère sur des matières premières qui renferment beaucoup de matières étrangères au sucre. La betterave est dans ce cas. Nous ne pré-

tendons pas, cependant, que le fabricant ne doive jamais faire de concret, de sucre *pris en masse cristalline ;* c'est toute une question d'intérêt et il doit faire au mieux, sous ce rapport. Nous laissons donc ce côté de la situation et nous raisonnons seulement la technologie, le côté industriel. Or, il est bien évident, pour tout le monde, qu'une cuite, à la suite de laquelle on aura des eaux-mères à séparer, donnera toujours lieu à des produits plus purs que la cuite concrète, puisque, dans les produits de celle-ci, on trouvera toutes les matières du jus, aussi bien celles qui doivent être séparées que les autres. Le travail de purification sera plus long et moins économique et, comme il sera équitable que la raffinerie soit indemnisée de ce côté, on perdra, par une réfaction, ce que l'on aurait cru gagner par une diminution de main-d'œuvre. Il ne faut pas oublier que les sucres de fabrication sont déjà purifiés, jusqu'à un certain point, par le seul travail de séparation des eaux-mères, et que ce fait est à considérer.

On nous objectera, peut-être, que le clairçage peut purifier le concret. Cela est possible, en effet ; mais encore faut-il comprendre que le travail sera plus long, plus coûteux et plus difficile, même en se plaçant dans les meilleures conditions. Le grain du concret est trop ténu pour qu'on puisse le traiter par la méthode commune, et, quoi qu'on fasse, il faudra toujours séparer tout ce qui n'est pas le sucre pur.

Cuite en concret à l'air libre. — Cette cuite ne se pratique pas plus que la précédente, sinon pour le sucre de canne soumis à l'action du *Concretor de Fryer*, dont nous renvoyons l'étude à un chapitre suivant.

Nous ne ferons maintenant qu'une seule observation au sujet de cette cuite et de l'appareil de Fryer. Nous comprenons que l'on fasse du concret avec les sirops de canne et de sorgho, à cause de la pureté relative de la matière première, et nous pensons que les sucres concrets de ces provenances vaudront toujours autant en raffinerie que certains produits secondaires de la betterave. Cela nous paraît très-exact ; mais nous devons à la vérité de déclarer que les éloges dus au système de Fryer ne se rapportent pas le moins du monde au fait de la préparation du sucre concret, mais au mode de concentration des jus à feu nu...

Résultats de la cuite. — Nous partons, pour apprécier la cuite, d'une base plus certaine que celle qui sert de point de départ à la concentration proprement dite. Dans celle-ci, nous avons affaire à des jus de densité variable, depuis 2° à 3° B jusqu'à 10° ou 12°, et même au delà; ici, nous raisonnons sur des claircesqui ont été amenées à 50 p. 100 de richesse moyenne par la concentration à 27° B (1230 d.). Sans préjuger la question du rendement, qui ne peut être généralisée, nous pouvons regarder les clairces comme identiques, jusqu'à un certain point, sans avoir égard à leur provenance.

1,000 litres de clairce ou de sirop concentré, à 1230 de densité (27°B), pèsent 1,230 kil. et renferment 615 kil. de sucre et autant d'eau;

Pour faire la cuite en sirop au filet, à 15 p. 100 d'eau, nous devrons évaporer 506k,47 d'eau;

Pour la cuite plus serrée, en masse ou en grains, à 10 0/0 d'eau, nous avons à vaporiser 546k,67 d'eau.

Le tout par 1,000 litres, ou 1,200k de clairce, d'une origine donnée.

Dans le premier cas, celui de la cuite au filet, en raisonnant sur les différents moyens de chauffage, nous avons à examiner la dépense de calorique à faire par la cuite à l'air libre, par faux fonds et par serpentins et, enfin, par la cuite dans le vide.

1° *Cuite à l'air libre, par faux fonds, avec de la vapeur directe à* + 135°. — La température initiale des clairces étant supposée à + 60° environ, chaque kilogramme d'eau exige 40 + 537 = 577 calories, pour sa vaporisation. Le mètre carré de surface de chauffe transmettant 40,000 calories, il donnera lieu à la vaporisation de $\frac{40,000}{577} = 69^{k},3$ par heure. en sorte qu'il faudra $\left(\frac{506,47}{69,3} = 7,3\right)$ $7^{mq},30$ pour vaporiser en une heure les 506l, 47 d'eau qu'on doit séparer, pour arriver en 1 heure à la cuite au filet, par 15 p. 100 d'eau. Il faudrait 7 heures 20 minutes pour faire ce travail par 1^{mq} de surface de chauffe.

La cuite en masse, à 10 p. 100 d'eau, exigerait $7^{m},88$ de surface de chauffe, pour cuire 1,000 litres de clairce en

1 heure, ou 7 heures 53 minutes pour faire cette évaporation par 1^{m} de surface de chauffe.

Dans le premier cas, la dépense, par le coefficient 7, c'est-à-dire en supposant que 1 kil. de houille ne vaporise que 7 kil. d'eau, égale $\frac{506,47}{7} = 72^{k},35$, soit à 28 fr. les 1,000 kil., un chiffre de 2 fr. 025 pour la cuite de 1,230 kil. de clairce à 27° B (= 1,000 litres).

Dans le second cas, la dépense égale $\frac{546,67}{7} = 78^{k},096$, soit un chiffre de 2 fr. 19.

2° *Cuite à l'air libre, par serpentins, avec de la vapeur directe à + 135°.* — La température initiale restant la même et les serpentins transmettant 60,000 calories par mètre carré et par heure, la vaporisation correspondante sera de $\frac{60,000}{577} = 103^{k},98$.

Pour cuire en sirop, à 15 °/₀ d'eau, il faudra $\frac{506,47}{103,98} = 4^{m},87$ de surface de chauffe et 1 heure d'action, ou 4 heures 53 minutes par 1 mètre de surface de chauffe.

La cuite en masse, à 10 °/₀ d'eau, exigera $\frac{546,67}{103,98} = 5^{m},25$ de surface de chauffe et 1 heure d'action, ou 5 heures 15 minutes par 1 mètre de surface de chauffe.

La dépense en combustible, dans les deux cas, est la même que dans les deux cas de la cuite à air libre par faux fonds. La seule économie produite est celle du temps.

3° *Cuite dans le vide, par serpentins, avec de la vapeur directe à + 135°.* — La température initiale étant de + 60° et la température d'ébullition de + 85°, on a : $\frac{60 + 85}{2} = 72°,5$ de température moyenne du sirop et + 135° de température de la vapeur par une différence de 62°,5. On ne peut compter, en pratique, sur beaucoup plus de 1^{k},7 de vaporisation, par degré de différence entre les surfaces, ce qui donnerait 106 kil. de vaporisation par mètre carré et par heure.

Bien que la vapeur de retour soit très-rarement employée dans cette circonstance, et qu'on se serve de préférence de la

vapeur directe à + 135°, nous ferons observer que la surchauffe des vapeurs de retour à + 110° est si facile, que l'on peut établir, sans inconvénient, le calcul par une température de + 135°.

La cuite en sirop, à 15 p. 100 d'eau, exigerait 4m,77 de surface de chauffe et 1 heure d'action, ou 4 heures 45 minutes par 1 mètre de surface de chauffe.

Pour cuire en masse à 10 p. 100 d'eau, il faudrait 5m,15 de surface de chauffe et 1 heure d'action, ou 5 heures 7 minutes par 1 mètre de surface de chauffe.

Nous ferons observer que la lenteur de la cuite, ou, plutôt, la faible transmission de chaleur constatée par l'unité de temps, à travers l'unité de surface, dépend de l'état de concentration du sirop, et encore de l'imperfection du vide obtenu, malgré les précautions employées.

L'étude des frais de combustible et de main-d'œuvre de la cuite nous paraît devoir être avantageusement reportée à la fabrication spéciale, dans l'impossibilité où l'on se trouve de généraliser cette question et d'en donner, relativement à l'ensemble de la sucrerie, une solution satisfaisante.

VII. — CRISTALLISATION. — TRAITEMENT DES MASSES CUITES.

A partir du moment où nous sommes arrivés dans la fabrication sucrière, la situation est très-nettement définie. Nous avons du *sirop cuit* au *filet* ou au *crochet*, à 15 0/0 ou à 10 0/0 d'eau, ou bien une *masse grenée*, de la *cuite en grains*, dont la cristallisation est fort avancée, sinon tout à fait complète. Nous avons opéré la *cuite à l'air libre*, ou sous *basse pression*.

L'hectolitre des sirops cuits au filet ou au crochet pèse de 140 à 145 kilogrammes. Le même volume de masse grenée pèse de 144 à 148 kilogrammes.

Les sirops contiennent, en moyenne, sur 100 kilogrammes :

68 à 87 de sucre.
10 à 15 d'eau.
5 à 15 de matières étrangères.

Les masses grenées sont également très-variables dans leur composition. Elles peuvent renfermer :

70 à 90 de sucre.
6 à 12 d'eau.
5 à 16 de matières étrangères.

On voit que rien n'est moins stable que la valeur réelle de ces produits et combien il est illusoire d'apprécier le travail d'une fabrique par la proportion de matière cuite, de masse obtenue. Cette appréciation serait un peu moins vague si la purification était conduite selon des règles constantes et sérieuses; mais, dans la situation moyenne, le poids ou le volume du produit de la cuite ne signifie pas grand'chose, et il convient de baser l'opinion qu'on doit se faire d'un travail sur le *quantum* définitif de sucre réel, marchand, extrait de 1000 kil. de matière première et de la mélasse résidu.

Cristallisation des sirops. — Le traitement des sirops cristallisables peut différer en fait, selon leur provenance et selon le travail qui les a produits, mais les principes sur lesquels on doit se baser dans la pratique restent invariables et doivent servir de règle fixe. Nous les résumons brièvement.

1° La cristallisation d'un corps cristallisable est d'autant plus *lente* que la solution est plus éloignée de son point de saturation.

2° La cristallisation est d'autant plus *rapide* que la solution est plus riche, qu'elle est moins éloignée de la sursaturation, qu'elle renferme moins d'eau de dissolution.

3° Toute cristallisation d'un corps plus soluble à chaud qu'à froid est ralentie, dans tous les cas, par le maintien d'une température plus ou moins élevée, et elle est accélérée par le refroidissement de la solution qui renferme le corps cristallisable.

4° Les cristaux formés sont d'autant plus volumineux, suivant leur nature, qu'ils se forment plus lentement; ils sont d'autant plus ténus, que la cristallisation est plus rapide. Cette règle est invariable.

5° Un cristal qui se forme dans une liqueur est toujours pur, pourvu qu'il soit *simple* et qu'il ne contienne pas d'eau-mère interposée.

Ces principes nous conduisent à quelques déductions importantes pour la pratique :

1° Comme le fait a déjà été signalé à propos de la cuite en grains, les cristaux de sucre seront d'autant plus volumineux qu'ils se formeront plus lentement, plus tranquillement, dans une solution moins riche; ils seront d'autant plus ténus dans les cas contraires.

2° On peut obtenir de plus gros cristaux dans les dissolutions sursaturées, très-riches, pourvu que l'on retarde la cristallisation par une élévation suffisante de la température.

3° Pour obtenir des cristaux fins par une cristallisation rapide, il faut *serrer la cuite*, c'est-à-dire évaporer le plus possible d'eau, jusqu'à ce qu'il n'en reste que 9 à 10 0/0 dans la masse ; mais on obtiendrait du gros grain, même avec une masse serrée à ce point, si l'on soumettait la matière à une température assez élevée pour retarder la formation et la séparation des cristaux.

On voit donc que la grosseur ou la finesse des cristaux dépend absolument de la volonté du fabricant, et la cristallisation du sucre dans une dissolution saturée produit les mêmes phénomènes que celle de la plupart des corps cristallisables.

Il n'est pas hors de propos de faire ici une observation relative au mode de cristallisation que présentent les sirops préparés avec le sucre pur, afin de les prendre comme terme de comparaison pour ce qui doit se passer avec des sirops de fabrication bien cuits, après qu'ils ont été soumis à une bonne méthode de purification.

Nous formons successivement des sirops avec les dosages suivants :

1°	100	de sucre	et 100 d'eau ;		
2°	100	»	et 33,34	»	
3°	100	»	et 17,65	»	représentant
	85	»	et 15	»	

ou le point de cuite au filet ;

4° 100 de sucre et 11,12 d'eau, représentant la cuite serrée des appareils à vide, par 90 de sucre et 10 d'eau.

Le premier sirop, qui n'est que de la clairce à 27° B, ne cristallise pas et ne peut cristalliser, d'après ce que l'on sait sur la solubilité du sucre.

Le deuxième échantillon est en saturation, puisque le sucre est soluble à froid dans le tiers de son poids d'eau. Il n'y a pas de cristallisation pendant quelques jours ; mais, l'évaporation lente séparant un peu d'eau, on voit se former, après quelque temps, de rares cristaux, en petite proportion, correspondant à la vaporisation. Ces cristaux sont d'une pureté et d'une netteté de forme remarquable.

Le troisième échantillon est au point de cuite en sirop, au filet. Les cristaux ont commencé à se former dès que la température s'est trouvée abaissée à + 80° et le travail de cristallisation s'est continué pendant 24 heures. Depuis lors, le nombre des cristaux n'a pas augmenté d'une manière sensible. Ils sont d'une bonne grosseur, bien nets, et le sirop est fluide. La masse est formée de 68 volumes, dont la cristallisation occupe 64, sauf à déduire l'eau-mère qui occupe les interstices, pour apprécier le rendement.

Le dernier échantillon, en cuite serrée, à 10 0/0 d'eau, n'a pas permis d'analyser les phases de la cristallisation. A mesure du refroidissement, la matière s'est prise en masse cristalline et, au bout de 12 heures, elle ne formait qu'une agrégation concrète de cristaux, qui n'était pas recouverte par une portion du sirop. Cependant nous constatons que la pression du doigt suffit pour faire sortir un peu d'eau-mère fluide, qui se sépare bien. Les cristaux sont de la même grosseur que ceux des pains de raffinerie bien faits, et sont parfaitement reconnaissables, quoique très-petits; mais une portion des cristaux de cette dimension ne serait pas retenue par les toiles métalliques des instruments de séparation.

De ces vérifications, faites par cuites à l'air libre, et par refroidissement à la température ambiante (= 18° centig.), nous concluons logiquement :

1° *Une* partie d'eau dissout *trois* parties de sucre, et les sirops à 75 0/0 de sucre et 25 0/0 d'eau ne cristallisent que très-lentement, à mesure qu'ils perdent de l'eau par évaporation lente.

2° La cuite au filet à 85 de sucre et 15 d'eau 0/0 doit toujours donner une bonne cristallisation en vingt-quatre heures, avec du grain bien formé et des cristaux bien détachés et de bonne grosseur, pourvu que le sirop soit pur et ne contienne pas de matières qui retardent ou empêchent la cristallisation, pourvu que le refroidissement soit suffisant, une température trop élevée étant une cause de retard, de même qu'un excès de froid détermine la formation de cristaux fins et ténus.

3° La cuite à 90 de sucre et 10 d'eau 0/0 donne lieu, en douze heures, à une masse cristalline homogène, sous les mêmes conditions que dans le cas précédent et avec cette réserve que, si l'on veut obtenir des cristaux de bonne grosseur, il

convient de tenir la masse d'empli sous l'action d'une température assez élevée, de + 35° à + 45°, qui en retarde la formation et en détermine l'accroissement en volume.

Cristallisation des sirops cuits à l'air libre. — D'après ce qui précède, on comprend que la cristallisation sera d'autant plus régulière que les jus auront été mieux purifiés et que, en admettant une bonne exécution des opérations préliminaires, le rendement en premier jet sera inversement proportionnel à la quantité d'eau qu'on aura laissée dans les sirops.

Le sirop cuit, sortant des chaudières à cuire, est dirigé, le plus souvent, dans une pièce que l'on nomme *empli* et dont la température moyenne est égale à + 35° environ. Un grand nombre de fabricants faisaient passer la cuite en sirop, ou cuite claire, dans un bac intermédiaire appelé le rafraîchissoir, afin que la matière commençât à subir la cristallisation, *que le grain pût se former*, avant de faire mettre la masse d'empli dans les appareils de cristallisation. On réunissait quelquefois cinq ou six cuites dans le rafraîchissoir. Aujourd'hui, cette méthode est moins employée, et c'est un tort, selon nous, car elle avait au moins le mérite d'établir l'homogénéité du produit, et elle permettait de diriger la cristallisation dans le sens que l'on jugeait convenable, de la retarder au besoin, et l'empli se faisait dans des conditions analogues à celles que produit la cuite en grains peu serrée.

Quoi qu'il en soit, voici la marche de la pratique à ce sujet :

On laisse la température s'abaisser lentement, jusque vers + 75°, en ayant soin d'agiter le sirop avec un mouveron, *lorsqu'on vient de le verser*. Bientôt, les cristaux de sucre commencent à paraître ; c'est ce qu'on appelle la *formation du grain* : une croûte cristalline de sucre se montre à la surface.

En général, les bons sirops cuits au filet un peu serré (13 à 14 p. 100 d'eau, *montrent le grain* vers + 105° à + 100° ; les *sirops recuits* vers + 94° à + 92°, et les seconds recuits de + 75° à + 70°. Les cuites au filet léger (15 p. 100 d'eau) ne grènent guère avant d'être descendues à + 85°.

Si les sirops sont de mauvaise nature et cristallisent difficilement, on les *amorce*, en y mélangeant, dans les rafraîchissoirs, une certaine quantité de sucre brut qui détermine la cristallisation de la masse. Cette manœuvre, très-rationnelle, ne peut se pra-

tiquer lorsqu'on ne se sert pas de rafraîchissoir. Le sucre ajouté n'agit pas seulement par sa *présence* dans la masse, et il n'est pas question en cela d'une des célèbres *forces catalytiques*. Le fait est assez simple. Les cristaux ajoutés sont solubles, dans très-peu d'eau, à chaud; ils s'emparent donc d'une certaine proportion de l'eau conservée par le sirop, et il en résulte forcément que, par le refroidissement, le sucre total se trouvera en présence d'une quantité d'eau insuffisante pour le maintenir en dissolution, et que la cristallisation devra se faire.

Les sirops qui ne montrent pas le grain vers + 65° à + 60° doivent être amorcés ou examinés pour être travaillés de nouveau selon les circonstances.

Il est question des sirops de cuite, des premiers jets, évidemment, et l'amorçage ne doit être considéré que comme un moyen de remédier à une cuite trop légère obtenue accidentellement, et non pas comme un procédé à suivre pour parer aux résultats d'un défaut réel, d'une faute de fabrication.

Lorsque le grain se montre bien et que la température du sirop est descendue entre + 80° et + 75°, on procède à l'empli, c'est-à-dire que l'on verse le sirop grené dans les vases à cristalliser.

Dans les fabriques où l'on ne fait pas passer le sirop par les rafraîchissoirs, on le fait arriver souvent dans des cristallisoirs plus ou moins vastes, de forme variable, dans lesquels on peut réunir plusieurs cuites successives et où la cristallisation s'opère avec une certaine lenteur, grâce au retard que la masse apporte au refroidissement. Ces cristallisoirs sont, le plus ordinairement, des caisses rectangulaires, moins profondes que larges, qui peuvent contenir au moins une cuite. Le sirop y est amené directement par un caniveau incliné qui part de la vidange de l'appareil et, lorsque le bac est rempli, on laisse la matière en repos pour que la cristallisation se fasse lentement et paisiblement.

Dans d'autres circonstances, le bac refroidissoir existe, mais il ne sert que d'intermédiaire pour recevoir le sirop venant de l'appareil. On le puise ensuite dans ce bac pour le porter aux vases de cristallisation. Enfin, on peut recevoir le sirop, sortant de l'appareil, dans les cristallisoirs même, s'ils sont d'assez petites dimensions pour être portés sans trop de gêne.

Les sirops de recuite sont envoyés, habituellement, de la chaudière aux cristallisoirs, par le moyen d'un caniveau ou d'un tuyau incliné.



Fig. 47.

On sent assez, du reste, que toutes ces différentes manières de faire sont très arbitraires et qu'elles dépendent en grande partie de l'organisation de la fabrique et des dispositions du local.

Les appareils de cristallisation sont les *formes*, les *caisses* et les *bacs*.

Les *formes* (fig. 47) sont des vases coniques en terre cuite, cerclés en bois, ou en tôle galvanisée, vernissée ou émaillée, ou en cuivre étamé. Celles-ci sont les meilleures de toutes. Les formes sont peintes à l'extérieur ou enduites d'un vernis.

Voici les noms et les dimensions des formes les plus employées dans l'industrie sucrière :

	Hauteur intérieure. Ligne CO.	Diamètre intérieur. Ligne AB.
Les bâtardes ou vergeoises......	0m,84	0m,42
Le sept....................	0 ,64	0 ,22
Le quatre....................	0 ,53	0 ,22
Le trois....................	0 ,47	0 ,20
Le grand deux..................	0 ,50	0 ,17
Le petit deux..................	0 ,50	0 ,14

Ce sont des bâtardes ou vergeoises que l'on emploie surtout en fabrication, comme cristallisoirs.

Pour procéder à l'*empli* dans les formes, on commence par les *planter*, c'est-à-dire qu'on les aligne, la pointe en bas, contre des appuis, en disposition bien verticale, après que l'on a bouché l'ouverture de la pointe avec un linge mouillé, plié en diagonale et roulé en cornet, qu'on nomme une *tape*.

Quand on emploie les formes en terre, il faut, avant de les remplir, les tremper dans l'eau pour les en imbiber, afin que le sirop les pénètre moins.

Empli. — On agite le sirop pour bien disséminer le grain dans la masse, puis on accroche le *canape* au bord du vase où se trouve la masse. Cet instrument est un support à jour qui

peut se suspendre par deux crochets à la paroi du bac à sirop. Un ouvrier, armé d'un *pucheux* ou *puisoir*, sorte de grande cuiller hémisphérique en cuivre, munie d'un long manche en bois, remue le sirop et le verse dans un bassin (fig. 48), qu'un autre ouvrier tient appuyé sur le canape.

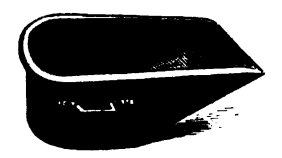


Fig. 48.

Ce bassin, appelé *bec de corbin*, sert à verser le sirop dans les formes sans crainte de le répandre.

Le contenu d'un bassin est partagé entre deux ou trois formes, et l'on continue de mettre d'abord un peu de sirop dans toutes les formes de l'empli; c'est ce qu'on appelle faire une *ronde*. On fait une seconde, une troisième ronde, etc., jusqu'à ce que toutes les formes soient pleines et que le sirop soit épuisé.

On a conservé, dans quelques fabriques, l'habitude de mouver, au bout de quelques heures, le sirop dans les formes, avec une spatule en bois, afin de détacher les cristaux des parois et de les ramener vers le centre. Dans d'autres, on ne pratique pas cette manœuvre, et l'on ne paraît pas avoir à se plaindre de laisser la cristallisation s'opérer en repos.

La température de l'empli ne doit pas descendre au-dessous de $+25^{\circ}$. On l'élève selon le besoin, d'après les règles énoncées plus haut. On doit éviter les courants d'air autant que possible.

La cristallisation en *caisses* se pratique absolument comme celle des formes, soit que l'on y verse le sirop grené, où le sirop sortant de l'appareil. Il n'est pas d'usage de faire des rondes pour les caisses et l'on remplit tout d'un coup.

En France, les caisses sont plus employées pour les bas produits de raffinerie, mais on s'en sert aussi en fabrique, quoique moins généralement.

Ces caisses sont de véritables cristallisoirs prismatiques, sans faux fond ni robinet d'égout.

On pourrait cependant, faire usage de la disposition re-

présentée par la figure 49 et se servir de ce que les Allemands appellent les caisses de Schützenbach. Ces caisses ont un double fond en grillage serré, comme l'indique la figure, et

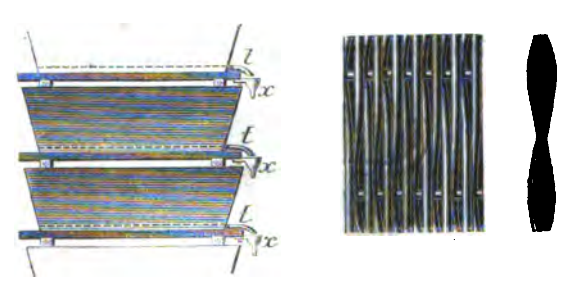


Fig. 49.

elles peuvent très-bien être étagées les unes sur les autres. Elles peuvent servir à la fois de vases à cristalliser et de vases de séparation. Nous en reparlerons tout à l'heure et nous en indiquerons le défaut principal.

Enfin, la cristallisation en *bacs*, plus communément adoptée dans les fabriques françaises, se pratique de la manière la plus simple, en faisant arriver la masse d'empli dans ces bacs jusqu'à ce qu'ils soient presque pleins. On laisse ensuite en repos.

Pour les premiers produits, la cristallisation est ordinairement complète douze à quatorze heures après l'empli, lorsque l'on opère sur des sirops cuits au filet un peu serré.

Cristallisation des sirops cuits dans le vide. — Lorsque l'on a cuit dans le vide en sirop au filet, plus ou moins serré, que l'on a fait une *cuite claire*, il est évident que l'on doit procéder à la cristallisation du sirop comme s'il avait été préparé à l'air libre.

La seule différence que la pratique ait jugé convenable d'adopter consiste à réchauffer les sirops pour les amener ensuite, par un refroidissement méthodique et plus lent, à former un grain plus gros et plus nerveux.

Le sirop, en sortant de l'appareil, est dirigé dans un *réchauffoir*, c'est-à-dire dans un vase intermédiaire qui reçoit le calorique apporté par un jet de vapeur sous un faux fond. On mouve le liquide pendant qu'il s'échauffe et l'on arrête l'action

de la chaleur lorsque les sirops sont arrivés à +90° ou +100°. On attend ensuite que le grain se forme, puis on procède à l'empli dans les conditions indiquées précédemment.

Il va de soi que les sirops obtenus par le vide peuvent être cristallisés en formes, en caisses ou en bacs, comme les autres.

Cristallisation des masses grenées. — Les sirops cuits en grains, les masses grenées, dont la cristallisation a été plus ou moins avancée dans l'appareil, n'ont pas besoin d'être réchauffées ou refroidies, et il ne s'agit, pour ces produits, que d'en compléter la cristallisation par un repos de six à douze heures. On peut même, dans certains cas, lorsque la cristallisation dans le vide a été très-soignée, qu'elle s'est faite lentement et que les cristaux sont assez volumineux, songer à en extraire le sucre aussitôt que l'on retire la masse de la chaudière. Nous pensons qu'il est plus prudent, cependant, d'attendre quelques heures, afin que tous les cristaux soient bien formés, qu'ils aient pris de la solidité et de la résistance et que la séparation en soit plus nette.

On fait achever la cristallisation des masses cuites en grains en les faisant séjourner pendant quelques heures dans des bacs, des caisses ou des formes, et il ne nous semble pas nécessaire de nous arrêter à cette manœuvre qui est fort compréhensible.

VIII. — PURGE OU SÉPARATION DES CRISTAUX.

On sépare les eaux-mères, les sirops d'égout, du sucre cristallisé, de différentes manières qui, toutes, offrent leurs avantages et leurs inconvénients. Nous les étudions dans ce qu'elles présentent de plus important pour la pratique, afin de pouvoir exécuter convenablement cette portion du travail que l'on désigne communément sous le nom de *purge* des cristaux.

Si la cristallisation s'est faite en *formes*, à la suite d'une *cuite claire*, ou si elle s'est terminée dans ces appareils, après la *cuite en grains*, et encore après la cristallisation en *caisses*, la purge s'opère par voie d'*égouttage simple* ou *forcé*, suivi ou non d'un *clairçage*.

Si la cristallisation s'est faite ou a été achevée en bacs, on opère la purge par l'action de la turbine.

Égouttage simple dans le travail des formes. — Suivant le degré de la cuite et la rapidité de la cristallisation, on place les formes sur les *pots d'égouttage* (fig. 50), après un espace de temps qui peut varier de six à trente-six heures après l'empli.



Fig. 50.

Ici, il n'y a d'autre règle que d'attendre la fin de la cristallisation, à moins que la cuite n'ait été manquée, que la cristallisation ne se fasse pas ou qu'elle se fasse mal, et qu'on ait intérêt à reprendre les sirops pour les travailler de nouveau. Des sirops cuits à 15 p. 100 d'eau peuvent être *purgés* au bout de vingt-quatre heures. Une cuite plus serrée permet de faire la séparation des cristaux de douze à dix-huit heures après l'empli; les masses grenées peuvent être purgées après six à dix heures.

On débouche le trou de la pointe des formes en ôtant la tape ou le bouchon, on met la forme sur le pot, et le sirop coule dans le pot avec d'autant plus de rapidité et d'abondance que la cuite a été plus légère et que les cristaux sont plus gros et mieux détachés.

Après vingt-quatre heures (plus ou moins) d'égouttage dans la *purgerie*, dont la température est maintenue au même degré que celle de l'empli, on *prime* les formes qui doivent fournir du sucre brut simplement égoutté, *non claircé*, non *couvert* (*ungedeckt*), selon l'expression des fabricants allemands, c'est-à-dire qu'on enfonce par le trou de la pointe une sorte de tige de fer que l'on nomme *prime* ou *manille*, et que l'on fait pénétrer de 3 à 5 centimètres. Le but de cette manœuvre est de faciliter l'écoulement du sirop.

Vingt-quatre heures après qu'on a primé, les formes sont montées au grenier ou dans une étuve chauffée à $+35°$ ou $+40°$; l'égouttage s'y termine en deux jours.

On *loche* alors les formes pour en retirer le sucre.

Le *lochage* consiste à retourner la forme sur sa base et à en détacher le sucre en la frappant légèrement et à plusieurs reprises sur un bloc de bois. Le sucre loché est égrugé entre des

cylindres, puis porté au magasin, où il achève de se sécher en attendant la mise en sacs et la vente.

Égouttage simple dans le travail des caisses. — L'égouttage des caisses ne peut avoir lieu que dans les caisses à double fond et à robinet d'égouttage comme celles dites de Schützenbach, ou présentant des dispositions analogues. Ces caisses étant disposées de façon à faire coïncider les tubes d'égouttage *tt* avec un tube collecteur *x*, on débouche ces tubes qui ont été bouchés avec une tape pendant l'empli et la cristallisation, ou le complément de cristallisation, et le sirop commence à s'écouler. On le fait arriver dans un récipient commun où l'on réunit les sirops de même égout destinés à la recuite.

Après quinze heures de premier égouttage, on prime pour hâter la fin de l'opération et, après une nouvelle attente de vingt-quatre heures, les caisses sont portées au grenier, où on les incline de manière à faire sortir le reste du sirop, et surtout le sirop *attardé* dans le faux fond, par le tube d'égouttage qui est placé, bien entendu, du côté de la déclivité.

Après six autres jours, on loche ou égruge, et l'on envoie au séchage.

Observation. — Nous n'écrivons pas ce livre pour prendre parti pour ou contre des pratiques dont nous n'aurions pas étudié la valeur. Une bonne idée, eût-elle pris naissance chez la nation la plus détestée, sera toujours, pour nous, une bonne idée, et nous le dirons et nous le proclamerons très-nettement, sans nous préoccuper d'autre chose que d'être dans le vrai. Par contre, nous n'entendons pas non plus admettre, les yeux fermés, tout ce qu'il plaira à certaines imaginations de proposer et de louanger, dans un intérêt que nous ne prendrons pas la peine de rechercher.

On nous a fatigué avec des redites interminables sur les caisses de Schützenbach, qui ne sont que les caisses françaises, les caisses de tout le monde, raccommodées, déformées à l'allemande. Des fabricants français, qui ne s'en servaient peut-être pas, nous en ont dit tout le bien possible, et nous rencontrons encore tous les jours des gens aux yeux desquels il suffit qu'une invention soit allemande pour qu'on lui décerne une attestation de mérite. Nous ne partageons pas ce travers. Nous avons re-

connu et déclaré, lors de l'Exposition de 1867, que les sucres allemands étaient mieux fabriqués que les nôtres, ce qui était vrai. Ce fait tenait, non pas à la bonté des méthodes allemandes, mais à l'esprit d'ordre, de minutie, de soin et d'obéissance des ouvriers allemands, que ces qualités font rechercher dans toutes les professions. Il n'y a pas de méthodes allemandes. Tout ce qu'ils appellent ainsi de l'autre côté du Rhin, en sucrerie, a pris naissance en France, et ils n'ont très-souvent que la peine d'y joindre une absurdité, qui germanise une invention utile et la transforme en non-sens.

Ceci sera justifié avec autant de soin que nous en mettrons à rechercher ce qu'il y a de vraiment utile, de sérieusement intelligent, dans ce que l'on fait en Allemagne. Nous ne voulons pas être injuste, mais nous prétendons n'être pas dupe, pas plus en sucrerie qu'en matière d'engrais.

Or, la caisse de cristallisation de nos raffineries et de nos fabriques, excellente pour son but, reçoit un faux fond ou une toile métallique et un tube de sortie, et elle devient la caisse de Schützenbach.

Elle est devenue une mauvaise machine.

Quand on purge dans une *forme*, dans un *cône*, les portions cristallines qui avoisinent la pointe conservent, à moins de clairçage ou d'égouttage forcé, une certaine proportion de sirop interposé. Les *têtes* ne sont pas bien purgées, et elles diminuent la qualité moyenne, si on les mélange avec le reste par égrugeage, ou bien elles forment une qualité inférieure, si on les retranche pour les mettre à part.

La caisse de Schützenbach ne permet pas davantage de purger la portion qui repose sur le faux fond. Au contraire, car, dans la forme, dont l'axe vertical est très-considérable, la purge se fait mieux, sous une plus forte pression; les cristaux sont mieux dépouillés du sirop. Cette portion, mal purgée dans les caisses, est beaucoup plus grande que lorsqu'on opère avec les formes, et pour *un* de sucre de tête mal purgé par celles-ci, les caisses produisent de 6 à 8 de sucre gras, imbibé de sirop, lorsque la proportion ne va pas encore au delà.

Nous ne comprenons donc pas l'emploi à faire de ces caisses comme avantageux pour les premiers jets. On pourrait, sans doute, en tirer parti pour l'égouttage des bas produits, et ils feraient un bon travail dans cette circonstance, avec des cris-

taux fins, qui exigent une purge tranquille et assez lente. Mais encore, devons-nous faire observer que l'on a intérêt à obtenir des produits secondaires en cristaux moins ténus et que, pour arriver à ce résultat, il importe de faire cristalliser en plus grandes masses, afin de ralentir le refroidissement et la cristallisation. Ces caisses ne sont donc pas rationnellement applicables, même dans ce cas, et tout leur emploi doit se borner à servir de filtres d'égouttage pour les bas produits.

Et il y a mieux que cela, comme nous le verrons plus tard, en nous occupant de la cristallisation et de la purge de sucre indigène.

Les fabricants allemands ont reconnu eux-mêmes l'inconvénient des caisses dites de Schützenbach, et ils ont cherché à y substituer des caisses plus grandes, pentagonales, dont la figure 51 donne l'idée. Mais, même avec cette disposition, la purge est moins complète qu'avec les formes [1].



Fig. 51.

Clairçage. — Dans l'égouttage simple ou la purge ordinaire des cristaux de sucre, on peut arriver à une purification

1. Tout en reconnaissant que ces caisses peuvent rendre de bons services pour la filtration des produits inférieurs, nous les regardons comme tout à fait impropres à la cristallisation et, surtout, à la purge des premiers jets ou des seconds jets, dans lesquels elles laissent beaucoup plus d'impuretés. Nous avons vu, avec plaisir, que Walkhoff est du même avis, et il déclare que, même avec les grandes caisses pentagonales, le produit pour cent est moins considérable qu'avec les formes qui sont plus élevées : « *Da aber die Kästen gewöhnilch nicht so hoch sind als grosse Formen und da gewöhnlich beim Füllen auf Kästen leichter gekocht wird, so erhält man dabei gewöhnlich weniger Procente ersten Productes.* (*Op. cit.*, p. 571.) » Sans attribuer, même en partie, ce résultat à une cuite plus légère, qui donnerait des cristaux plus volumineux, nous disons que, à cuite égale, la cristallisation et la purge des caisses ne vaudra pas celle des formes....

plus complète et à un blanchiment plus net, en faisant passer de la *clairce*, c'est-à-dire du *sirop saturé* à la température du travail, sur la masse cristalline déjà égouttée. Bien que cette manipulation se fasse plus couramment en raffinage, comme elle peut être applicable en fabrication et que, en somme, c'est en fabrication qu'elle a été d'abord mise en exécution par le *terrage*, nous en exposons rapidement le principe fondamental.

Cette opération repose sur la proposition suivante, bien connue en chimie, mais qui a été mise en lumière par M. Thénard et dont la valeur ne peut plus être contestée :

« *Un sel, ou un corps soluble cristallisé étant donné, mélangé avec d'autres sels solubles, si l'on fait passer à travers les cristaux impurs de ce sel une dissolution saturée de ce même sel pur, elle ne dissoudra pas de ce sel dont elle est saturée, mais elle pourra dissoudre les autres sels qui l'accompagnent.* »

Si nous supposons donc une certaine quantité de sucre, cristallisé et débarrassé, par l'égouttage, d'une proportion considérable de ses impuretés, lesquelles sont restées dans les eaux-mères, et que le sucre soit placé dans un vase conique, dans une forme A, par exemple (fig. 52), percée d'un trou inférieur,

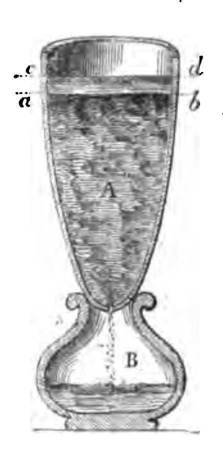


Fig. 52.

pour l'écoulement des eaux-mères qui se rendent dans un vase inférieur B ou pot à mélasse, nous pourrions observer les chan-

gements du sucre soumis à l'application du principe précédent, si le vase A était transparent comme le verre.

En supposant que le sucre, modérément tassé, ou bien ayant fait sa cristallisation dans le vase, le remplisse jusqu'au niveau *ab*, nous y versons du sirop de sucre, saturé à la température de l'opération, jusqu'au niveau *cd*, et nous examinons ce qui se passe.

La couche de sirop que nous avons ajoutée, pressée par la couche atmosphérique qu'elle augmente de son propre poids, pénètre à travers les couches cristallines supérieures, en chassant devant elles les eaux-mères interposées. Celles-ci commencent à couler presque aussitôt, lentement, il est vrai, et goutte à goutte, mais, enfin, la purge, qui s'était arrêtée, recommence. Bientôt le liquide a pénétré dans la masse cristalline, et la couche supérieure de cette masse se trouve déjà fortement décolorée. Le liquide, gagnant de proche en proche, se colore de plus en plus et décolore de moins en moins les parties inférieures les plus rapprochées du sommet du cône renversé.

Supposons encore que nous laissons l'égouttage se faire et s'arrêter de lui-même : il est clair que les portions supérieures les plus rapprochées de *ab* seront à peu près blanches, pendant que la teinte du reste se foncera de plus en plus jusqu'en bas.

Versons une nouvelle quantité de sirop saturé sur la base de *ab* en *cd*, les mêmes phénomènes se reproduiront, avec cette différence que la couche décolorée sera doublée, ou à très-peu près, et que les liquides d'égouttage seront moins colorés que les premiers.

Une troisième opération conduira la décoloration jusqu'à une distance plus rapprochée du trou d'égout, et nous pouvons admettre qu'une quatrième nous aura blanchi toute la masse.

En laissant l'égouttage se faire convenablement, nous pourrons, après quelque temps, mettre le vase à l'étuve, pour que les dernières portions de sirop s'écoulent plus facilement et que la dessiccation commence.

Cette opération est fort simple, comme on le voit; mais il convient de remarquer qu'elle est sous la dépendance absolue du principe que nous venons d'émettre.

Nous avions, en effet, dans la forme, un corps soluble, cristallisé, mélangé d'autres corps solubles, sels, matières extractives, matières colorantes, etc. Nous versons sur ce corps que nous voulons purger, sur ce sucre, une solution de sucre dans l'eau, saturée à la température de l'opération, c'est-à-dire ayant dissous tout le sucre qu'elle peut dissoudre.

Il est clair qu'elle ne dissoudra plus de sucre en passant à travers la masse cristalline, puisqu'elle en a pris tout ce qu'elle en peut prendre.

Elle dissoudra les sels, les matières colorantes et extractives et les autres matières solubles étrangères au sucre, qui se trouvent interposées entre les cristaux.

En répétant convenablement, et un nombre suffisant de fois, ce lavage au sirop saturé, nous enlèverons nécessairement toutes les matières étrangères solubles interposées; nous aurons purgé et blanchi la masse de cristaux de sucre soumis à l'expérience.

C'est, en quelque sorte, un raffinage plus ou moins complet du sucre, que l'on exécute par le clairçage, comme on le faisait autrefois par le *terrage*, dont nous parlerons lorsque nous décrirons les opérations de la sucrerie exotique.

Si l'on veut exécuter, par égouttage simple, une purge plus convenable des cristaux, il conviendra donc de pratiquer le clairçage et, sans vouloir produire du sucre tout à fait blanc, on ne peut manquer d'obtenir une grande amélioration des produits par ce moyen, qui sera, d'ailleurs, étudié plus en détail, lorsque nous examinerons les procédés de la raffinerie. Nous dirons seulement ici que, dans la fabrication des sucres bruts, l'emploi du clairçage fournit de beaux produits, mais qu'il dépense beaucoup de temps, lorsqu'on ne lui donne pas pour auxiliaire l'*égouttage forcé*, dont nous allons parler, et qui permet d'atteindre la nuance et le degré de purge que l'on veut, avec une rapidité suffisante. C'est, d'ailleurs, le clairçage qui a ouvert la voie aux améliorations dans la pratique de la purge.

Égouttage forcé, par aspiration ou pression. — Dans l'égouttage simple, le sirop n'est chassé de la masse cristallisée que par la force d'attraction, par son propre poids, puisque l'on agit avec la libre pression de l'atmosphère. On peut favoriser l'expulsion des eaux-mères en faisant une pression à la surface

de la grande base des formes, ou à la partie supérieure de l'appareil de purge, quel qu'il soit.

Cette pression peut se faire de trois manières : 1° On peut procéder par aspiration, en faisant communiquer la pointe des formes ou le tube de sortie des sirops avec un tube collecteur qui sert d'intermédiaire entre la matière à purger et une pompe aspirante, ou un récipient dans lequel on introduit le vide. On opère ainsi une véritable *succion* qui appelle le sirop de la masse, et l'on comprend facilement que, si l'on place de la clairce sur la base des formes pendant que l'action du vide s'exerce à la pointe, il en résulte un lavage rapide des cristaux, et que l'on peut en opérer ainsi la purification entière. Ce moyen est, d'ailleurs, plus complet pour les sucres bruts qu'il ne l'est pour les raffinés, ainsi que nous nous en assurerons en temps utile. Avec les sucres bruts, humides encore, médiocrement tassés, pour peu que l'on veuille claircer avec un sirop moins coloré, on obtient de très-bons résultats. 2° Une seconde marche, préférable à la précédente, consiste à faire agir l'air comprimé à la surface même de la masse cristalline. Il est vrai que, pour exécuter cette méthode avec des formes, on se trouverait en face de difficultés assez considérables d'exécution et de dépense d'outillage. Nous ne croyons pas ces difficultés insurmontables, même en raffinerie; mais on peut y obvier, en fabrication, en opérant à la fois sur une quantité assez considérable, et utiliser, par exemple, une disposition analogue à celle qui est indiquée par la figure 53.

Si l'on verse dans le vase A 1000 kilogrammes, par exemple, de masse cristallisée, malaxée, de manière à le remplir jusqu'à la ligne *ab* et que l'on ferme ensuite le couvercle en assurant l'herméticité par les serre-joints *mm'* qui réagissent sur la bride et sur le caoutchouc intermédiaire, il suffira d'ouvrir le robinet *r*, *v* étant fermé, pour que l'air, comprimé à 3 atmosphères dans ce récipient, pénètre en C par le tube *h* et le tube *n*. La pression exercée en *ab* sera de $1,033 \times 3 = 3^k.099$ par centimètre carré et, sous l'action de cette pression, qui équivaut à près de 31000 kil. par mètre carré, le sirop est obligé de traverser les couches cristallines et de s'écouler par le faux-fond *l* et le collecteur *d*.

Lorsque les verres *f* font voir que l'écoulement du sirop se ralentit et que, par les lentilles disposées sur le dome, on

constate que la surface est sèche en *ab*, on ferme un instant *r* et l'on ouvre *x* et *v*. Par l'entonnoir *y* sur *v*, on introduit assez de clairce pour couvrir *ab* d'une couche de deux ou trois centi-

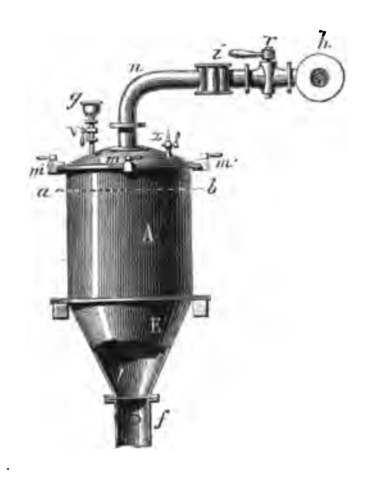


Fig. 53.

mètres, puis, fermant *x* et *v*, on ouvre de nouveau *r* pour rétablir la pression. On peut répéter cette manœuvre avec des clairces de moins en moins colorées, jusqu'à ce que le sirop passe à peine teinté vis-à-vis des lunettes *f*. On obtient ainsi, en quelques heures, une masse cristalline parfaitement purgée et aussi décolorée que l'on veut, puisqu'on peut claircer à volonté.

Tous les appareils fondés sur le même principe peuvent rendre de bons services, parce qu'on n'est pas limité dans leur action à un poids restreint, et qu'on peut faire toute la purge d'une fabrique importante avec quatre ou cinq purgeurs à compression. Nous ne parlons, d'ailleurs, de cette construction que pour mettre sous les yeux des fabricants une sorte d'exemple de ce qu'ils peuvent demander à des dispositions spéciales. Ici, on fait agir la pression atmosphérique par pression et non plus par aspiration; on cesse donc d'être limité à des effets peu importants; au lieu d'une atmosphère, on peut arriver jusqu'à cinq ou six atmosphères, ou, même, dépasser encore cette compression, si l'on dispose d'une bonne pompe aspirante et fou-

lante. On peut donner à un purgeur la meilleure de toutes les conditions, la forme conique du bas, jointe à une hauteur arbitraire, aussi grande que l'on veut, double ou triple du diamètre. On peut claircer à volonté et se débarrasser aussi bien de la matière colorante que du liquide interposé.

On a commencé à faire des tentatives de ce genre en Russie, paraît-il et, bien que nous n'ayons pas de renseignements suffisants sur le dispositif adopté, nous n'hésitons pas à croire au bon effet qui en résultera, tant par rapport à la perfection des produits que pour l'économie de la main-d'œuvre et des dépenses occasionnées par la purge.

3° Nous mentionnerons encore un troisième moyen de forcer la purge des cristaux, bien qu'il ne nous semble pas avoir été assez étudié avant l'essai en fabrique. Nous voulons parler de l'application de la force centrifuge aux formes mêmes. En disposant les formes autour d'une circonférence qui porte des cavités destinées à cet usage et les fixant solidement dans une position telle que la pointe soit excentrique, on comprend que le mouvement de rotation puisse chasser le sirop et purger le sucre. Mais, en dehors des dangers de rupture, qui pourraient être conjurés, à la rigueur, on se trouve en présence d'une machine énorme, très-coûteuse, qui demande l'emploi d'une très-grande force, et qui consomme un temps considérable en manœuvre. Nous ne pensons pas que la fabrication ait été favorable à cette idée et nous ne pouvons que l'en féliciter.

Des clairces. — Pour rester dans les conditions normales qui résultent du principe de M. Thénard, il faut que le sirop qui doit servir au lavage des cristaux soit *saturé*, c'est-à-dire qu'il ne puisse plus dissoudre de sucre, à la température à laquelle on opère.

Il y a ici à faire une remarque à propos du point de saturation. Il est parfaitement exact de dire que, à la température de +15°, la dissolution de 2 p. de sucre dans 1 p. d'eau fournit un sirop à 35° B (1321 densité), et que ce sirop ne dissout plus sensiblement de sucre que par une élévation de température. Aussi, considère-t-on le sirop à 1321 comme *saturé*, et dit-on que l'on ne dissout plus de sucre par les clairces à 35° B, à la température ordinaire. Mais, lorsque l'on fait dissoudre à chaud 75 parties de sucre dans 25 parties

d'eau $\left(\text{rapport} = \frac{3}{1}\right)$, on trouve que, malgré le refroidissement du sirop, le sucre ne cristallise que très-lentement, à mesure qu'il perd de l'eau. En écrivant ces lignes, nous avons sous les yeux une clairce colorée (ambrée) qui laisse déposer des cristaux très-fins. La densité est de 1321 (= 35° B), et cette préparation a plus d'un an de date. Nous avons fait, il y a huit jours, un sirop avec 3 de sucre et 1 d'eau à l'ébullition. Ce sirop présente une densité de 1378 (= 39°,6 B), et il ne cristallise pas.

Nous en concluons que, si, dans une dissolution faite à froid, l'eau ne dissout que le double de son poids de sucre, elle en dissout trois fois ce même poids, lorsque l'on opère à chaud et que cette quantité reste dissoute. Il y a là comme un double phénomène de solubilité, auquel il convient de prêter attention. Ainsi, les sirops, concentrés et cuits à chaud, se partagent en un produit cristallin et une eau-mère qui ne retient sensiblement que *deux* de sucre pour *un* d'eau, par suite de la cristallisation. Au contraire, une clairce préparée en saturation à chaud se compose, après refroidissement, de 3 de sucre pour 1 d'eau, et l'excès de sucre ne s'en sépare qu'avec une extrême lenteur. Il résulte de cela que les clairces, préparées à la température de la purgerie, consomment moins de sucre que celles que l'on prépare en saturation à chaud et, comme ces clairces, dont le rapport est : : 2 : 1, ne dissolvent que très-peu de cristaux, il convient d'adopter uniformément ce rapport pour toutes les opérations de purge. En fait cependant, le sucre est soluble dans le tiers de son poids d'eau, mais cette solution abandonne lentement les cristaux dissous.

Il ne convient donc pas d'accepter comme absolue la donnée des spécialistes qui donnent le rapport 2/1. comme l'expression de la solubilité du sucre dans les mélasses et les sirops d'égout. Ce rapport est réellement 3/1, et il n'est modifié que par la présence des sels et des matières étrangères.

Une clairce préparée à + 100, en saturation, présente les densités croissantes suivantes à mesure que la matière se refroidit.

TEMPÉRATURES.	DENSITÉS. Poids du litre.	DEGRÉS de Baumé.
°	gr.	°
+ 100	1297,66	33,1
95	1298,82	33,2
90	1300,00	33,3
85	1302,34	33,5
80	1304,70	33,7
75	1307,06	33,9
70	1309,43	34,1
65	1313,01	34,4
60	1315,40	34,6
55	1317,80	34,8
50	1321,42	35,1
45	1325,06	35,4
40	1327,50	35,6
35	1329,95	35,8
30	1333,73	36,1
25	1337,35	36,4
20	1341,07	36,7
15	1344,73	37,0

Ce tableau, dont nous avons développé les données d'après les chiffres admis par divers écrivains, et répétés sans vérification par d'autres, donne d'abord une démonstration en faveur de ce que nous avons dit tout à l'heure sur la saturation. Si le sirop est en saturation par le rapport 2 : 1, il doit avoir 1321 de densité à + 15° T. Comment se fait-il qu'il ait 1344,73 ou 37° B? Comment se fait-il qu'il ne porte 1321 qu'à + 50° de température environ? Ces questions ne nous paraissent solubles que par l'acceptation de notre observation précédente.

D'un autre côté, si nous préparons un sirop en saturation à + 15 T, l'expérience apprend que ce sirop a pour densité 1321. Or, en arrivant à + 50° T, ce sirop est tombé à 1299, lorsque, d'après les dires du tableau, il devrait être à 1344,73 par + 15°, et 1321,42, par + 50° T...

Nous ne pousserons pas plus loin la démonstration de l'inutilité de certains chiffres. Il y a, bien certainement, une aberration inqualifiable dans cette tendance à vouloir donner des nombres dont on n'a pas vérifié l'exactitude. Comment peut-on affirmer que le point de saturation est à 36°, 1 B, à la température de + 30°, c'est-à-dire à 37° B (ou 1344,73 de densité), par + 15° T, lorsque le sirop, saturé à + 15° T, est donné comme

possédant une densité de 1321, et que ce sirop devrait tomber à 1299 (= 32°,22 B) à la température de + 50°?

Pour ne pas nous arrêter à ces anomalies, nous dirons que le sirop de clairce doit être préparé à la température de la purgerie, avec du sucre brut et de l'eau, par la proportion de 3 de sucre pour 1 d'eau. On a, pour cela, deux vases : l'un dans lequel se fait la dissolution, que l'on doit favoriser par de fréquentes agitations, avec le mouveron, et dans lequel il doit toujours se trouver un excès de cristaux; l'autre qui sert à recevoir, le lendemain, le sirop décanté du précédent, et sur lequel on place une étamine ou une toile à filtrer contenue dans un cône. Ces vases doivent être d'une contenance telle que le sirop qu'ils renferment suffise au travail de la journée.

On peut employer des clairces de qualités très-différentes. Les sirops d'égout, moins colorés, peuvent servir de clairces pour les produits inférieurs, et la règle économique consiste à faire deux ou trois lavages des cristaux, avec des sirops de plus en plus purs et de moins en moins colorés.

La proportion pratique de clairce à employer est de 30 p. 100 environ du poids de la masse cuite, et l'on peut apprécier ce poids en multipliant le volume de la masse par le chiffre 1450, qui est celui de la densité moyenne.

Turbinage. — Le mode d'égouttage le plus généralement adopté consiste dans l'action de la turbine, ou dans l'emploi de la force centrifuge sur les masses cristallisées. La figure 54 donne une idée d'ensemble de la turbine française.

Cette turbine reçoit l'action du moteur de l'usine par une poulie de transmission et une courroie. Le mouvement est commandé par deux cônes à friction de diamètres différents, que l'on peut, à volonté, écarter ou rapprocher, et l'appareil est muni d'un organe de débrayage et d'un frein. Un tube courbe, de petit diamètre, communiquant avec la prise de vapeur peut, au besoin, apporter un jet de vapeur sur le produit et le laver.

Ordinairement, les turbines construites en France présentent leur organisme moteur à la partie supérieure, comme on le voit dans la figure; cependant, on construit aussi de ces appareils avec une disposition contraire, c'est-à-dire avec le mouvement placé au-dessous du tambour, ce qui rend celui-ci

complétement libre et permet de faire la manœuvre de l'appareil sans être gêné par les transmissions. Nous aurons à examiner plus tard cette modification, qui nous semble être d'origine anglaise et qui a pris beaucoup de faveur en Allemagne,



Fig. 54.

sans que nous en saisissions très-bien les raisons déterminantes. Nous ne savons si nous nous trompons en cela, mais il nous paraît beaucoup plus commode pour la main-d'œuvre d'agir à hauteur d'homme que d'avoir à opérer une manœuvre quelconque près de terre. Dans tous les cas, il n'y a guère de motifs techniques plausibles qui puissent faire préférer le moteur en haut ou en bas et il n'y a là qu'une simple question de commodité. Nous préférons les turbines auxquelles est annexée

nne petite machine spéciale, un *petit cheval*, que le mouvement se communique à la partie inférieure ou à la partie supérieure de l'ensemble, parce que l'ouvrier dispose ainsi de tous les éléments de son travail, qu'il peut régler et diriger à sa volonté selon le besoin [1].

Les turbines employées à l'égouttage des sucres présentent ordinairement un diamètre moyen de 0m,70 à 0m,80 sur une hauteur de 0m,80 à 0m,82 prise sur la portion active du cylindre intérieur mobile.

On peut turbiner sans aucune préparation les masses cuites en sirop, qui ne présentent pas beaucoup de cohésion, dans lesquelles les eaux-mères se séparent facilement à raison de leur fluidité, et qui ne sont pas chargées d'agglomérations cristallines. Le plus souvent les masses se prennent, par la cristallisation et le refroidissement, en une pâte cristalline cohérente qui serait trop consistante pour permettre une bonne séparation des eaux-mères et une purge complète des cristaux. On soumet donc, le plus habituellement, toutes les masses un peu trop agrégées à une action mécanique, à une sorte de trituration des grumeaux, que l'on peut exécuter avec une grande facilité à l'aide des *malaxeurs*. Nous représentons seulement un de ces appareils connu sous le nom de malaxeur Fesca, et la coupe de la figure 55 nous paraît suffisante pour en donner l'idée générale.

En somme, la plupart des appareils malaxeurs sont à peu près construits sur les mêmes données et le plus élémentaire de tous, le moins coûteux et, peut-être, le meilleur, serait tout simplement le *tonneau à mortier*, connu de tout le monde et dont quelques légères modifications feraient le malaxeur à sucre le plus parfait et le plus économique.

Quoi qu'il en soit, on jette la masse dans le malaxeur; les couteaux ou les lames, placées en hélice autour de l'arbre, qui est animé d'un mouvement très-lent, brisent toutes les agglomérations et donnent à la masse l'homogénéité qui est nécessaire pour un bon travail de la turbine.

1. Les turbines Buffault présentent un des modèles les plus parfaits de ce genre, et nous ne croyons pas que l'on puisse obtenir des résultats meilleurs, tant sous le rapport de la facilité de la mise en marche et de l'arrêt, que pour la douceur du mouvement et la promptitude avec laquelle elles atteignent le maximum.

Ce n'est pas assez que la pâte soit bien homogène, et que les agglomérations soient bien détruites, il faut encore que la masse soit assez fluide pour être facilement emportée par le

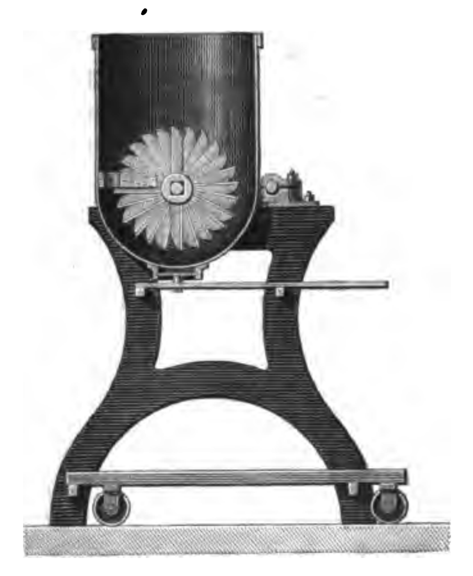


Fig. 55.

mouvement centrifuge et uniformément appliquée contre les parois du tambour intérieur. Comme il arrive trop souvent, par suite d'une mauvaise fabrication et, surtout, par la présence des matières gélatineuses, que les sirops sont extrêmement visqueux, on ajoute, à la masse introduite dans le malaxeur, une quantité suffisante de sirop saturé à la température ambiante. Ce sirop provient, le plus souvent, d'un turbinage précédent et, comme il ne présente guère qu'une densité de 36° à 40° B, il suffit pour délayer la masse et la rendre plus facile à travailler. Il y a cependant des fabricants chez lesquels on a pris l'habitude d'*atténuer* encore ce sirop par l'addition d'une certaine quantité d'eau, et cette manœuvre, tout à fait inutile, a pour conséquence de redissoudre une portion de cristaux et de diminuer le rendement effectif. Nous conseillerions volontiers de n'employer à la malaxation que des sirops d'égout saturés, sans addition d'eau, mais cette marche est trop sage pour qu'elle soit adoptée comme règle de conduite. Nous avons même

vu étendre d'eau seule les masses cristallines cohérentes, avant de les porter au malaxeur... Il est juste, toutefois, d'ajouter que, dans bien des fabriques les sirops d'égout sont assez visqueux eux-mêmes pour que leur effet délayant soit fort problématique.

La masse, rendue bien homogène et suffisamment fluide par la malaxation et l'addition de sirop, est portée à la turbine. La matière cristalline, obéissant à la force centrifuge, s'applique contre la toile métallique des parois, et le sirop, chassé à travers les interstices, se rend dans le tambour extérieur. La purge se fait d'autant plus rapidement que la cuite et la cristallisation ont été faites avec plus de soin, que les eaux-mères sont plus fluides, enfin, que le sucre est accompagné d'une moindre quantité de matières étrangères et, principalement, de principes albuminoïdes.

Lorsqu'on se borne à l'action centrifuge seule comme agent de la purge, on ne peut espérer d'obtenir une nuance tout à fait blanche de la masse cristalline, à moins que l'on n'opère sur des produits exceptionnels. Il reste toujours, en effet, des traces d'eau-mère colorée sur les plans de cristallisation, en sorte que, par suite de la présence de cette faible quantité de sirop qui adhère aux cristaux, le sucre peut présenter une coloration très-variable. Il est facile d'atteindre la décoloration complète des cristaux de sucre pendant et par le turbinage même, et c'est à ce moyen que l'on a recours presque partout pour obtenir des produits blancs, d'une très-grande pureté.

Lorsque l'on veut se borner à préparer des sucres *turbinés non claircés*, on juge du moment où la purge est terminée en introduisant entre les deux tambours une petite lame de bois, sur laquelle le sirop se dépose et donne un moyen d'appréciation. La purge étant terminée, on arrête la turbine en faisant manœuvrer le frein, puis on enlève le sucre avec une spatule en bois, ou une main semblable à celles dont on se sert en droguerie, et on met le produit en sac. Lorsque le sac est plein et pesé, on le monte au grenier par un tracas et, le plus ordinairement, on en répand le contenu sur le plancher pour que la dessiccation se fasse par l'action d'un courant d'air et d'une certaine température, qui varie de $+25°$ à $+30°$ en moyenne. Dans beaucoup de fabriques, les sucres de toutes les nuances et de même jet sont mélangés pour former une sorte unique;

ailleurs, on différencie les nuances et on les fait sécher à part.

Disons seulement un mot sur une pratique assez fréquemment employée et qui a été causée par les exigences fiscales. Il est évident qu'un fabricant a parfaitement le droit de mélanger ses produits, quand même ce mélange abaisserait la nuance du résultat et que le fisc n'a rien à voir dans cette opération, bien qu'elle ait pour conséquence directe de diminuer le chiffre d'un impôt stupidement basé sur la coloration. Cela ne peut faire l'ombre d'un doute. Il n'en est pas de même lorsque des fabricants cherchent, par des moyens peu délicats, à donner à leurs produits une nuance plus colorée que la normale de leur fabrication, en employant, à la turbine, des *clairces caramélisées*, etc. Quand on veut protester avec justice contre des règlements arbitraires, contre des mesures iniques, contre des lois inconsidérées, il faut pouvoir marcher le front haut et ne pas faire métier de fraude...

Donc, tout en reconnaissant à la fabrication le droit imprescriptible de préparer ses produits comme elle l'entend, tout en déclarant que la loi n'a rien prévu et qu'elle semble inciter à ces manœuvres, nous les regardons comme indignes d'un homme intelligent. Au point de vue de l'intérêt, ces manœuvres ne servent qu'à aider le raffineur à frustrer l'État et, *à moins de partage fraternel*, nous ne voyons pas ce qui peut porter le fabricant à se faire le complice de son adversaire le plus acharné, de son exploiteur perpétuel. Nous voulons croire que cette manœuvre est exceptionnelle, mais elle se pratique et elle n'en est pas plus honorable ou moins honteuse.

Les produits peuvent ne pas être blanchis; ils peuvent être mélangés; mais ils ne doivent pas être colorés frauduleusement et, des procédés actuels de la fabrication, il ressort que l'on doit faire la purge, aussi complète que possible, par des moyens dont on puisse garantir la loyauté.

Clairçage à la turbine. — Lorsque l'on veut faire du sucre blanc à la turbine, il faut, non seulement purger le produit en séparant les eaux-mères par l'action de la force centrifuge, mais encore laver les cristaux et les dépouiller du sirop qui les souille en les soumettant à l'action d'une clairce. L'énergie de ce lavage est augmentée par le mouvement de rotation et

l'on obtient ainsi, en quelques minutes, un blanchiment qui demanderait plusieurs jours par l'égouttage ordinaire ; mais, pour que ce travail soit réellement économique, il convient de s'astreindre à l'accomplissement des règles du clairçage et de faire agir, sur la couche de sucre, des ***clairces successives, saturées, de moins en moins colorées***.

On peut se servir, pour faire les clairces, des sirops d'égout d'un clairçage précédent, dans l'ordre de leur coloration, en commençant par les plus colorés, et finir par une clairce blonde et une clairce blanche.

Au lieu de suivre cette marche rationnelle, on emploie d'abord une clairce quelconque, atténuée par une proportion d'eau arbitraire, puis, on finit par de l'eau, ou par un jet de vapeur. Il est clair que, par ce mode de faire, on redissout une certaine quantité de sucre, puisque les solutions aqueuses, l'eau et la vapeur, tendent à former du sirop saturé aux dépens du sucre ; mais le blanchiment du produit se fait bien. Il reste à chercher s'il est aussi avantageux de former ainsi la clairce aux dépens du sucre que l'on turbine que de préparer à part une clairce blanche.

Nous comprendrions que la différence soit à peine sensible, lorsqu'on se borne à produire une dernière action par l'eau ou la vapeur ; mais il n'en est pas ainsi dans la pratique ordinaire, et il semble que l'on s'empresse de redissoudre, de parti pris, une certaine quantité de ce sucre qu'on a eu assez de peine à amener à l'état cristallin. Ainsi, l'on commence par fluidifier la masse à l'aide de sirop atténué, et ce point de départ est le plus désavantageux, puisque ce sirop dilué reste en contact avec le sucre pendant la malaxation et le turbinage, que la saturation a le temps de se faire, et qu'elle est favorisée encore par la trituration exercée par le malaxeur.

Nous n'insisterons pas sur cette pratique dont on comprend parfaitement l'influence ; mais, lorsque l'on ajoute encore à la turbine d'autre sirop dilué, puis de l'eau, ou de la vapeur, on ne peut s'empêcher de déplorer l'inconséquence avec laquelle nombre d'opérations sont conduites en sucrerie.

Le *sucre turbiné, clairçé*, est envoyé aux greniers pour y sécher et être ensuite mis en sacs d'expédition.

En une seule opération, dont la durée varie, selon la viscosité du sirop, entre 5 et 15 minutes, on peut purger et blanchir

de 25 à 35 kil. de sucre, selon les dimensions de l'appareil, la rapidité de la rotation et le degré d'homogénéité et de fluidité de la masse.

Nous avons fait observer (pages 95 et suiv.) que la pression due à la force centrifuge n'est pas si élevée dans les turbines qu'on veut bien le dire. Il ne conviendrait pas de compter sur plus de 6000 à 7000 kil. de pression dans les cas les plus favorables, sur la couche exposée au turbinage.

Rendement des premiers jets. — On comprend que le rendement en sucre de premier jet se trouve sous la dépendance de la richesse sucrière de la masse cristalline, de sa teneur en eau, et du chiffre de matières étrangères qu'elle renferme. Ce rendement est donc en rapport avec la qualité de la matière première, avec les soins apportés à la purification du jus et à la séparation des matières étrangères, et avec le degré de concentration auquel on a poussé la cuite. Il se trouve compris entre les limites extrêmes de 40 à 69 p. 100 du poids de la masse. Le chiffre moyen de 54,5 p. 100 accuse assez bien ce qui se passe dans la *fabrication courante* de la plupart des établissements.

Rien n'est si vague que les données relatives à cet objet; elles varient d'une fabrique à l'autre et, dans la même fabrique, on constate souvent des chiffres tout différents, selon la matière travaillée, la méthode suivie, la durée de la cristallisation, la température de l'empli, etc.

Il n'est pas absolument exact que l'unité des matières étrangères s'oppose à la cristallisation d'un poids égal de sucre, et cette donnée arbitraire peut conduire à une appréciation erronée. Il importe singulièrement de distinguer les différents effets produits par des substances de nature différente.

Ainsi, les sulfates de potasse et de soude, les phosphates solubles et divers autres sels inoffensifs, c'est-à-dire n'ayant pas d'action nuisible et ne décomposant pas ou n'altérant pas le sucre, ne se combinant pas avec lui, pourront cristalliser en même temps que ce produit, mais ils n'en empêchent pas la cristallisation. Ils pourront introduire dans le sucre une certaine quantité d'éléments minéraux, mais ne diminueront pas le rendement pondéral. Il n'en sera pas de même des corps qui peuvent s'unir avec le sucre, pour former des combinaisons

déliquescentes, comme le font les chlorures alcalins et le chlorhydrate d'ammoniaque, de ceux qui, sans se combiner au sucre, attirent l'humidité de l'air et *forcent*, par là même, la dissolution d'une certaine quantité de sucre, comme le chlorure de calcium. La potasse et tous les agents qui détruisent du sucre en le transformant en incristallisable s'opposeront également à la cristallisation d'une proportion variable de sucre, et toutes ces données ne peuvent faire l'objet d'une appréciation générale.

D'un autre côté, comme les matières visqueuses, la gomme, la dextrine, la glycérine, les matières protéiques dissoutes, la gélatine, la légumine, les colloïdes de tout genre, tout en faisant partie de la masse pondérale, du produit brut, empêchent la formation libre des cristaux, en s'opposant à la réunion des molécules saccharines, on sent qu'il est à peu près impossible d'établir un chiffre de généralisation, et de dire que 1 de matières étrangères s'oppose à la cristallisation de 1 à 1,5 de sucre.

Il pourrait très-bien se faire que, avec certaines matières premières, à la suite de certains traitements, ce rapport fût beaucoup trop faible, comme il peut arriver qu'il soit trop élevé. On doit donc voir, dans ce rapport, une allégation hasardée, et ne pas en tenir un compte bien rigoureux. La seule conséquence à retirer, en pratique, de tous ces arguments inutiles, consiste dans la nécessité d'éliminer les matières étrangères par tous les moyens rationnels dont on dispose, et de n'avoir jamais affaire qu'à un minimum de ces substances. C'est là le seul moyen d'obtenir le maximum du rendement de premier jet dont la valeur commerciale assure le succès.

IX. — ÉPUISEMENT DES EAUX-MÈRES.

Après la séparation du sucre, qui a cristallisé dans les sirops ou avec les masses, on se trouve en présence de deux groupes de produits :

1° Le sucre extrait, plus ou moins pur, plus ou moins blanc et plus ou moins sec, le *sucre de premier jet ;*

2° Les *eaux-mères* ou *sirops d'égout*, c'est-à-dire la portion liquide séparée des cristaux par l'égouttage simple ou forcé ou

par le turbinage. Ces sirops sont les sirops d'*égout de premier jet*.

Comme dans tous les cas possibles, avec toutes les matières cristallisables, ces sirops d'égout sont en saturation, c'est-à-dire qu'ils tiennent en dissolution toute la quantité de matière solide qu'ils peuvent dissoudre, à raison de la proportion d'eau qui en fait partie.

Nous ne parlons pas ici des *sucres concrets*, cuits en *cuite sèche*, parce qu'ils ne font pas, en réalité, exception à ce qui vient d'être dit. En effet, ces sucres renferment très-peu d'eau, il est vrai, mais ils ne contiennent pas moins, sous leur forme pâteuse ou solide, toutes les matières étrangères restées dans les jus et, lorsqu'on cherche à les purifier, on est obligé de faire des eaux-mères, puisqu'il faut, de toute nécessité, employer un menstrue quelconque pour dissoudre ce qui n'est pas du sucre, et que ce menstrue entraîne toujours une certaine quantité de sucre.

Si donc on enlève une partie de l'eau des sirops d'égout, ils doivent abandonner une nouvelle proportion de sucre, et cette opération peut se renouveler pendant tout le temps que ces produits fournissent du sucre, à la suite d'une nouvelle perte d'eau.

Cuite des sirops d'égout de premier jet. — Nous avons vu que l'on obtient, en *moyenne*, $\frac{40+69}{2} = 54^k,5$ de cristaux de premier jet sur 100 kil. de masse d'empli. Sans revenir sur le conseil déjà donné, de tendre à obtenir le plus possible de cristaux de premier jet, nous prenons les choses telles qu'elles sont, et nous disons que nous avons, par 100 kil. de masse, $45^k,5$ de *sirop vert* ou sirop d'égout de premier jet, qui contiennent toute l'eau qui n'a pas été enlevée dans la première cuite, une partie du sucre, et des matières étrangères en proportion plus ou moins considérable.

Nous reportons ce sirop à l'évaporation ou à la recuite, soit dans une chaudière à serpentin à air libre, soit dans une chaudière à basse pression, et nous lui faisons perdre, par la chaleur, la moitié de l'eau en excès qu'il renferme, c'est-à-dire de 10 à 12 p. 100 de son poids.

Cette recuite est jugée par la preuve au filet; mais il con-

vient de prendre la preuve un peu plus forte qu'au premier jet.

Nous obtenons une deuxième masse d'empli, dans la proportion de 88 à 90 du poids du sirop, soit 40k,50 pour les 45k,50 de notre exemple. Cette masse est mise en empli, par une température de + 75° à + 80°, ou même à la température qu'elle présente au sortir de l'appareil. Les caisses d'empli sont de grands bacs, cubiques ou cylindriques, dont la capacité varie selon l'importance du travail, et qui sont disposés dans un local dont la température est de + 35° à + 40°.

La seconde masse cristallise dans ces bacs; mais le temps exigé par la cristallisation est très-variable selon le degré de pureté de la matière : nous avons vu la cristallisation des seconds produits parfaitement obtenue en 48 heures, dans des bâtardes et, fort souvent aussi, elle n'est pas complète en 8 jours.

Lorsque les bacs ne cristallisent plus, on sépare les cristaux du sirop, par les caisses ou par la turbine, et l'on obtient un sucre de *deuxième jet*, dont la qualité est souvent très-belle, à raison, précisément, de la lenteur de la cristallisation. Les eaux-mères de cette seconde purge sont les sirops verts ou *sirops d'égout de deuxième jet.*

Rendement. — Le rendement des deuxièmes jets est également sujet à beaucoup de variations. On peut, cependant, l'évaluer à une moyenne pratique de 25 à 27 p. 100, ce qui donne, pour 40k,50 de deuxième masse, $40{,}5 \times 0{,}26 = 10^k{,}53$ de sucre, et 29k,97 de sirop de deuxième jet.

En réunissant à ce produit les 54k,5 de sucre de premier jet, on trouve que les 100 kil. de masse initiale ont fourni, par la cuite et une reprise, 65k,03 de sucre, avec 29k,97 de sirop de deuxième égout.

Cuite des sirops d'égout de deuxième jet. — Ces 29k,97 de deuxième sirop vert sont encore reportés à la cuite, dans les mêmes conditions que les précédents, avec la seule précaution de ne pas pousser la concentration aussi loin, si le sirop offre un certain caractère de viscosité, qui indique la présence d'une grande proportion d'impuretés. On réduit ordinairement cette deuxième cuite de 10 p. 100, et l'on obtient 26k,97 de troisième masse d'empli.

Ce genre de produits est d'une cristallisation fort lente, lorsque les jus ne sont pas très-purs. On les réunit dans de grands bacs ou dans des citernes, et on les abandonne à eux-mêmes, jusqu'à la fin des travaux de la campagne, et même plus longtemps. Il n'est pas rare que les troisièmes jets ne soient traités qu'après six mois de séjour en bacs ou en citernes, et souvent cette partie de la fabrication ne se termine que peu avant le début de la saison suivante.

On turbine ces produits dans beaucoup de fabriques; mais, nous ferons remarquer ici que, le grain étant presque toujours fort petit, il en passe beaucoup à travers la toile métallique de l'instrument. Il vaut donc mieux produire la séparation du grain par simple égouttage, sur des toiles assez claires pour laisser couler facilement la mélasse, assez serrées cependant pour retenir des cristaux fins et peu cohérents.

Rendement. — Le rendement moyen de ce travail est de 15 à 16 p. 100, en sorte que les 26k,97 de sirop, recuit pour la seconde fois, fournissent 4k,18 de sucre et 22k,79 de mélasse ou de résidu définitif.

Nous ne sommes pas partisan des quatrièmes jets, dont quelques fabricants se vantent comme d'un tour de force. Cependant, nous faisons observer que, ce qui précède s'appliquant à la fabrication habituelle en Europe, il y a lieu de faire quelques restrictions et de ne pas plus généraliser sur ce point que sur bien d'autres sujets.

En résumé, les 100 kil. de masse cuite ont produit :

Sucre de premier jet	54k,50	} = 69,21
Sucre de deuxième jet	10 ,53	
Sucre de troisième jet	4 ,18	
Mélasse		22,79
Total		92,00
Eau évaporée		8,00
		100,00

Remarques. — 1° La mélasse renferme encore, à très-peu près, 50 0/0 de sucre, en sorte que, si elle pouvait encore abandonner ce sucre par la méthode des recuites ou des cristallisations successives, le rendement définitif s'élèverait encore de 11k de sucre environ....

2° Dans les procédés suivis, à raison de l'imperfection de la

purification, il est peu rationnel de chercher à faire des quatrièmes produits, dont le rendement, très-faible, se ferait attendre pendant un temps considérable et qui exigeraient de vastes emplacements.

3° Avec des jus plus purs, contenant plus de sucre et moins de matières étrangères, avec les vesous de canne et de sorgho, avec des moûts de betterave *neutres*, débarrassés des substances albuminoïdes par le tannin, on peut faire une quatrième cuite, ou un quatrième jet, sans aucun inconvénient.

4° On remarque alors plus de rapidité dans les cristallisations secondaires, en sorte que les troisièmes jets ne dépensent guère plus de temps que les seconds jets ordinaires, ce qui permet d'assimiler les quatrièmes aux troisièmes ordinaires dans le travail courant.

Dans ce cas, les quatrièmes rendent encore 10 p. 100 environ après réduction de un dixième, et le rendement total moyen est porté à 71k,26 de sucre et 18k,46 de mélasse.

5° Il est évident que le rendement moyen est augmenté en raison de la richesse sucrière de la masse initiale et, encore, en raison de la pauvreté en matières étrangères nuisibles, puisque ces matières engagent du sucre ou en détruisent. Walkhoff a donné des indications relativement aux rendements moyens de la masse cuite de betterave proportionnellement à la richesse en sucre sur 100 de matières solides (*festen Theilen*). Nous insistons sur cette expression, parce qu'elle montre la nécessité de tenir compte, dans l'appréciation du rendement, des matières étrangères au sucre. Voici les données de l'auteur allemand.

RICHESSE de la masse en sucre sur 100 de parties solides.	RENDEMENT.		
	DE 1er JET.	DE 2e ET 3e JETS.	TOTAL.
0/0			0/0
84	58,3	9,7	68
85	60,2	9,8	70
86	62,0	10,0	72
87	63,6	10,4	74
88	65,4	10,6	76
89	67,0	11,0	78
90	68,8	11,2	80

Pour bien saisir les données de ce tableau dont la *valeur moyenne* est acceptable, il faut comprendre que, d'une masse cuite (*Füllmasse*) contenant 84 de sucre, 16 de *matières solides étrangères au sucre*, et x d'eau, on retirera, en *trois jets*, 68 de sucre. Or, $84 - 68 = 16$ de sucre, c'est-à-dire autant que de matières étrangères, resteront dans les mélasses, qui se composeront de :

Sucre...............	16	= 32
Matières diverses.....	16	

Eau, quantité variable de 14 à 24 pour 100.

Cette indication générale est *considérée* comme très-voisine de la vérité pratique, en sorte que l'on regarde 1 de substances solides étrangères comme engageant 1 de sucre.

6° Sans admettre l'exactitude de cette base d'appréciation que Walkhoff conteste lui-même avec raison [1], et dont nous avons indiqué les chances d'erreur, en plus ou en moins, on peut reconnaître que le rendement des cristallisations successives d'une masse cuite et des recuites secondaires dépendra de la richesse sucrière *réelle* de la masse ; que, par conséquent, l'intérêt du fabricant repose surtout sur le degré de pureté qu'il sait donner à ses jus par l'ensemble des soins et des opérations d'une bonne méthode.

7° Nous ferons observer que la cristallisation des arrière-produits ou des sucres de second et de troisième jets est favorisée par la température élevée de l'empli et par la lenteur de l'opération même. Il convient quelquefois de porter la température du local jusque vers + 45°, ce qui ne laisse pas d'entraîner des frais assez notables, et il nous semble qu'il vaudrait mieux, même avec la fabrication ordinaire, soumettre les sirops d'égout à une purification complémentaire, plutôt que d'être astreint à tous les ennuis et à l'attente prolongée qui résultent de la pratique habituelle.

Purification des sirops d'égout. — Un certain nombre de fabricants cherchent à purifier ces sirops avant de les recuire, en leur faisant subir une filtration sur le noir.

Nous voudrions mieux faire. Il nous semble qu'il est dé-

1. « ... Und daher ist obige Annahme theoretisch nicht richtig. » (*Op. cit.*, p. 567.)

montré, pour tous les observateurs, que la proportion des matières étrangères au sucre est la cause principale de la difficulté qu'on rencontre dans la séparation du sucre des sirops secondaires. S'il en est ainsi, nous ne comprenons pas que les sirops d'égout ne soient pas soumis à une purification complète, même lorsque l'on a cru devoir faire une première cuite alcaline. Pourquoi, même dans cette hypothèse, ne songerait-on pas à neutraliser exactement les alcalis et à les transformer en phosphates, et pourquoi ne séparerait-on pas les matières azotées par l'emploi d'un tannin? Nous ne comprenons pas une première cuite alcaline, mais nous ne comprenons pas davantage que, cette situation étant donnée, on ne cherche pas à en sortir.

Les sirops d'égout de premier jet, dilués à 18° B, c'est-à-dire étendus de leur poids d'eau à peu près, recevraient, dans ce cas, une quantité telle d'une solution d'un phosphate soluble qu'ils soient parfaitement neutralisés. On porterait ensuite la température au point d'ébullition et, pendant que la liqueur s'échaufferait, lorsqu'elle serait arrivée vers + 50° ou + 60°, on y ajouterait assez d'infusion d'écorce tannante pour précipiter les matières protéiques, sans que le liquide réagisse toutefois sur les sels de fer. Après un moment d'ébullition, on débourberait, puis, au besoin, on ferait passer sur du noir neutre et on ferait une *cuite serrée* à 7 ou 8 p. 100 d'eau seulement...

Des mélasses de fabrication, ainsi traitées, nous ont donné un quatrième produit bien cristallisé, sec et nerveux, assez abondant, après trois semaines de repos. Nous aurons occasion de revenir sur ce sujet, lorsque nous étudierons les moyens d'utiliser les mélasses-résidus.

Nous terminons ce paragraphe par une dernière observation, à laquelle nous attachons une grande importance et qui peut avoir une influence considérable sur le marché des sucres.

Reprise des produits secondaires. — Une des difficultés commerciales de la sucrerie consiste dans la multiplicité des produits et dans les écarts de valeur qu'on leur attribue. Il nous semble qu'il ne serait pas difficile à un fabricant de produire un type unique, de qualité à peu près constante. Pour cela, il suffirait de séparer les cristaux de troisième jet par un bon

égouttage, que l'on pourrait *forcer* à l'aide de l'air comprimé, et de les joindre à la recuite des seconds produits. De même, le sucre de ceux-ci serait ajouté aux premiers jets, dans les solutions purifiées, avant la fin de la concentration, lorsque l'on concentrerait à l'air libre, au début de l'opération, dans le travail par le vide. Il n'y aurait plus qu'un seul produit en sucre, du premier jet, auquel on pourrait donner tous les soins convenables, et de la mélasse de troisième jet épuisée. On satisferait au but capital d'une bonne fabrication qui est de produire des sucres homogènes, d'une haute valeur saccharimétrique.

Il ne faut pas croire que la dépense de cette reprise serait considérable, car l'accroissement de calorique à employer se bornerait à la somme de chaleur nécessaire pour porter le sucre au degré d'ébullition du liquide. Cette valeur est de peu d'importance en raison de la faible chaleur spécifique du sucre, et elle ne s'élèverait qu'à $0,6847 \times 1,000 \times 74 = 50,668$ calories par 1,000 kil. de sucre repris, soit au double, ou à 101,335 calories pour ramener 1,000 kil. de sucre de troisième jet à la cuite de premier jet, en partant de $+30°$ comme température initiale de la purgerie.

C'est une dépense nette de 20 à 25 kil. de charbon par 1,000 kil. de sucre repris au total, et la beauté, l'homogénéité et la plus-value des produits couvriraient largement cette petite augmentation de frais et la main-d'œuvre nécessaire.

Walkhoff donne un conseil analogue pour les troisièmes produits seulement; mais, d'après notre expérience, nous pensons qu'il y aurait plus d'avantage, au moins en France, à fabriquer seulement un type remarquable par sa beauté et ses qualités, plutôt que d'en produire deux.

Dans tous les cas, le fabricant fera toujours bien de faire rentrer ses bas produits dans le travail des sortes supérieures.

X. — UTILISATION DES RÉSIDUS.

Les différents résidus de la fabrication sucrière sont :

1° Les *pulpes*, les *cossettes* et les *bagasses;*

2° Les *écumes* et les *dépôts* de *chaulage,* de *carbonatation*, de *phosphatage* (?) ;

3° Les *mélasses;*
4° Enfin, les *noirs épuisés.*

Nous allons dire quelques mots seulement de ces différents résidus, au sujet desquels nous ne pouvons entrer, à présent, dans de grands détails, et nous renverrons l'examen plus complet de cette question à l'étude de la fabrication spéciale.

Des pulpes, des cossettes et des bagasses. — Les résidus solides de l'extraction du jus sucré des matières saccharifères se nomment des *pulpes*, quand la substance a été divisée par la râpe et réduite en particules ténues; les *cossettes* proviennent de la division par le coupe-racines ou le hache-cannes; enfin, les *bagasses* sont le résidu du laminage des tiges de canne ou de sorgho...

Nous ne chercherons pas maintenant à faire valoir cette considération que, dans un résidu de l'extraction du jus sucré, on laisse ordinairement une quantité notable de sucre, et que cette extraction incomplète pèse énormément sur le rendement et le prix de revient; cette question capitale devant être examinée dans l'étude du travail spécial à chaque plante saccharifère, nous nous bornons à résumer les modes d'utilisation praticables pour ces divers résidus.

Pulpes. — La pulpe pressée des racines râpées constitue une nourriture excellente pour le bétail, dont elle favorise beaucoup plus l'accroissement que les racines crues, renfermant leur sucre normal. Ces matières sont d'autant plus utiles à l'alimentation du bétail qu'elles ont été soumises à un traitement plus rationnel, qu'elles contiennent une plus grande proportion des substances azotées de la plante, et qu'elles sont conservées avec plus de soin.

L'application de l'industrie sucrière à l'amélioration du sol offre cet immense avantage que, tout en forçant la culture des racines sucrières sur une vaste échelle, elle oblige, par le fait, le cultivateur à nourrir plus de bétail de vente ou d'animaux de boucherie, à produire, par conséquent, plus de lait, de beurre, de fromage, de laine, de cuir, à accroître la quantité des engrais destinés au sol, et à enrichir le sol producteur de tous les déchets qui ne sont pas transformés en aliments pour

l'homme. Or, c'est dans ce cercle admirable que tourne le progrès agricole, et c'est dans l'abondance des engrais que se trouve l'élément absolu de la prospérité champêtre, la source de la vie à bon marché. *Si tu veux du blé, fais du pré*, a dit Bujaut dans ses aphorismes; nous ajoutons, par forme de traduction, que le *fumier* est la base de la production agricole, la source de nos richesses, quoi qu'en disent les disciples de l'école chimique de Vincennes: nous disons que la machine à fumier est le bétail; que, faire de la nourriture pour le bétail doit être le premier soin de tout agriculteur qui raisonne, que l'aisance est là et non ailleurs. Toute industrie qui laisse des déchets utilisables pour l'étable ou pour la fosse aux engrais est une industrie agricole de premier chef, c'est un levier qui peut soulever toutes les difficultés, aplanir tous les obstacles et relever la situation la plus désespérée.

Avant toute autre considération, la fabrication d'un produit dont la matière première est fournie par le sol, doit s'astreindre à restituer au sol, directement ou par l'intermédiaire des animaux, toute la masse enlevée à la terre par la récolte. Tout résidu doit donc être restitué au sol à l'état d'engrais. Mais ce but définitif ne doit être atteint directement que lorsque le résidu ne peut être introduit avantageusement dans la nourriture des animaux d'étable ou de basse-cour.

Lorsque les matières-résidus sont applicables à cet emploi, elles subissent une nouvelle transformation dans la machine animale; la portion azotée concourt essentiellement à la fabrication de la chair, du muscle; les parties hydrocarbonées, qui peuvent devenir solubles, servent à la calorification et à la production de la graisse; une petite portion des sels solubles, ou devenus solubles, est retenue par l'économie, pour l'accroissement du squelette et pour des besoins divers. Toutes les parties insolubles, non assimilables, font partie des excréments avec d'autres substances rejetées par l'organisme; l'excrétion urinaire rejette, en outre, une quantité très-notable de matières albuminoïdes et de sels qui ont pénétré dans les tissus et qui doivent être éliminés. C'est là le résidu définitif, la matière excrémentitielle, solide ou liquide, qui forme la base de l'engrais du sol, la matière essentielle de la restitution directe. Ce résidu n'est obtenu qu'après une transformation, qu'après la fabrication de la viande et des tissus animaux.

Or, dans l'état actuel des sociétés humaines, lorsque les besoins matériels augmentent avec l'accroissement des populations, lorsque la nécessité de vivre étreint partout l'humanité, nous considérons comme une faute grave toute soustraction de nourriture faite à la masse commune. Sans doute, le propriétaire d'une matière première a le *droit, strict et légal*, d'employer ses résidus à tel usage que bon lui semble; mais, nous disons qu'il commet une mauvaise action, lorsque, pouvant concourir à la production de la nourriture de l'homme et à la satisfaction des besoins humains, par le bétail, il crée ou emploie des procédés manufacturiers qui s'opposent à ce résultat. C'est ainsi que nous regardons comme très-blâmables, au point de vue de la société et de ses intérêts communs, ceux qui traitent les pulpes de manière à priver l'étable de cette ressource précieuse. Tout procédé, applicable aux racines saccharifères, qui détruit la pulpe et la rend nuisible au bétail, doit être repoussé par les honnêtes gens, qui voient autre chose que la spéculation et comprennent la nécessité d'aider au bien général...

Au fond, pour le véritable agriculteur, le sucre est l'accessoire; la pulpe, la nourriture pour le bétail est le principal. Le sucre paye la culture du sol et apure le compte de la terre en bénéfice; il donne pour rien une nourriture saine et abondante, qui sert de pivot et de base à toutes les opérations de la ferme, et qui est la garantie la plus certaine d'un bénéfice assuré. Pourquoi l'agriculteur ferait-il du sucre, sinon pour abaisser, ou réduire à néant le prix des nourritures de son bétail, payer largement sa culture et, de plus, faire encore une bonification, du chef même de la fabrication? Voilà le but. Or, le chaulage des pulpes, par exemple, va droit contre ce but; il fait de l'agriculteur-fabricant un simple industriel et rien de plus. Il reste une question d'écart entre le prix de revient d'une marchandise fabriquée et son prix de vente; il n'y a plus rien qui intéresse l'avenir du sol, l'alimentation publique et le bien général, sinon par le sucre lui-même, qui n'est qu'une partie bien faible dans un magnifique ensemble dont l'exécution est manquée.

La règle générale, sans exception plausible, consiste donc à employer les pulpes pour la nourriture des animaux, et cette règle entraîne nécessairement le choix d'une méthode ration-

nelle de traitement, des soins judicieux de conservation, sur lesquels nous aurons à revenir après l'étude de la sucrerie indigène. Il va sans dire que les cossettes des racines sucrières sont dans la même condition que les pulpes et que ces raisonnements leur sont applicables sans réserve.

Bagasses. — Nous nous trouvons, à l'égard des bagasses, en contradiction formelle avec la pratique des fabricants de sucre exotique. Nous admettons volontiers que la bagasse de canne, dans les méthodes suivies, renferme les éléments d'un bon combustible. C'est du *bois sucré,* dont le moulin a enlevé l'excès d'eau et une partie du sucre. Soit. Mais on ne nous fera pas comprendre que ce résidu ne doive pas être restitué au sol sous forme d'engrais, de terreau, de compost, comme on voudra, enfin, plutôt que de le réduire en cendres. Il est vrai que les partisans de l'emploi de la bagasse, comme combustible, ont trouvé d'excellentes raisons pour soutenir leur thèse. Ils prétendent n'avoir pas de combustible et ils déclarent que les cendres sont d'un excellent effet sur les cannes, qu'elles forment un engrais de premier mérite...

Nous avons fait justice de la seconde de ces allégations lorsque nous avons étudié la question des engrais et des amendements utiles à la canne (t. I), et nous avons démontré que la canne à sucre, comme toutes les plantes sucrières, redoute, en tant que plante à sucre, tout excès de sels minéraux et d'alcalis. Ce ne sont pas les doctrines hasardées de M. Ville qui peuvent infirmer les faits pratiques ni les résultats de l'expérience, et il est inutile de s'arrêter sur ce point.

En ce qui concerne l'emploi de la bagasse, comme combustible, on a diverses questions à résoudre qui ne nous paraissent pas susciter des difficultés insurmontables. Ces questions reposent sur la présence ou l'absence du sucre dans le résidu dont nous parlons. Si la bagasse renferme encore du sucre, elle brûle bien; si elle n'en contient pas, elle ne fournit plus qu'un combustible sans valeur, qui ne peut en acquérir que par des moyens artificiels. Y a-t-il avantage à *brûler du sucre*, c'est-à-dire à ne retirer de la canne que le tiers ou la moitié du sucre qu'elle renferme, afin de pouvoir employer le résidu comme combustible? Les pays à cannes sont-ils dans une telle disette de bois et de charbon que cette application de la bagasse soit

forcée? Dans ce dernier cas même, n'y aurait-il pas tout intérêt à épuiser complétement la bagasse de son sucre et à la transformer ensuite en combustible, soit en la mélangeant avec des matières goudronneuses, soit en formant des *agglomérés*, dans lesquels on la ferait entrer pour une proportion considérable?

Nous n'anticipons pas sur la réponse à ces questions, qui trouvera sa place logique après la fabrication du sucre de canne; mais nous ne pouvons nous empêcher de croire que les principes d'agriculture sont les mêmes partout, que les besoins du sol sont identiques, que la loi de restitution s'applique aussi bien sous l'équateur que dans les régions tempérées. Vous voulez, pour une raison ou pour une autre, brûler vos bagasses. Quoi que vous fassiez, quel que soit le raisonnement sur lequel vous appuyiez votre détermination, vous ne serez pas moins obligé de rendre à votre sol l'équivalent de ce que vous lui avez enlevé, si vous n'êtes pas dans une de ces situations heureuses où la nature opère elle-même cette restitution, par l'apport périodique de riches alluvions, par les débordements paisibles d'un cours d'eau voisin, qui couvre votre sol d'un limon fertilisant! Bon gré, mal gré, il faut restituer à la terre ce qu'on lui a enlevé, sous peine de la stériliser. Le planteur ne peut pas agir toujours et partout en sauvage, abandonner une plantation épuisée pour faire un nouveau défrichement. Le temps marche et la savane se retrécit à mesure qu'elle est occupée par de nouveaux habitants; il vient une époque où il faut vivre sur sa terre, où les habitudes nomades ne sont plus possibles, et il n'y a que l'engrais du sol, c'est-à-dire, la restitution, qui puisse rendre productive une terre épuisée ou l'empêcher de perdre sa fertilité normale.

En principe général, nous ne voyons donc l'emploi de la bagasse que dans son application à l'engrais, que dans la restitution au sol d'une partie de ce qu'il a perdu. La normale est là, et si, dans quelques circonstances exceptionnelles, il est possible de s'écarter de cette règle, on ne doit pas moins s'y attacher dans les cas ordinaires. Si l'on ne rend pas la bagasse au sol, il faudra y suppléer par autre chose, et cette raison nous semble péremptoire.

Des écumes et des dépôts de fabrication. — En

dehors des résidus de l'extraction du jus, la sucrerie se trouve encore en présence de déchets qui proviennent du traitement des jus et de leur purification. Par l'action de la chaleur sur les liquides sucrés, une portion des matières albuminoïdes se coagule et forme des *écumes;* le chaulage ou l'emploi d'un autre agent chimique augmente la proportion de ces écumes et donne lieu, en outre, à la précipitation de dépôts plus ou moins abondants. Ces écumes et ces dépôts forment les *résidus de la défécation*. A la suite du chaulage, la saturation par l'acide carbonique détermine la précipitation du carbonate de chaux; ce dépôt entraîne avec lui une partie des matières albuminoïdes qui ont échappé à l'action précédente. Les *dépôts de carbonatation* et ceux de défécation sont séparés du jus sucré qui les accompagne, puis employés à la préparation des engrais, pour laquelle ils présentent une valeur très-notable, à raison précisément des éléments qui les constituent. C'est là, d'ailleurs, le seul usage rationnel qu'il convienne d'en faire.

La séparation du jus sucré de ces dépôts est une question importante en sucrerie. Plus cette séparation est parfaite, et plus le rendement s'élève, et il convient d'éviter soigneusement toutes les causes de perte. Cette séparation se fait par la pression.

Dans le travail vulgaire, lorsque les portions claires des chaudières ont été décantées, on met la portion trouble, les écumes mélangées avec les dépôts, dans des sacs, que l'on soumet ensuite à l'action très-graduée d'une presse à vis ordinaire. Cette manœuvre, longue et pénible, est une des opérations les plus ennuyeuses du travail, à raison de la malpropreté qui en résulte. La main-d'œuvre en est assez désagréable, et il faut employer à ce travail un nombre d'ouvriers, variable selon la nature de la matière première, et même selon la proportion plus ou moins grande de chaux employée. Il arrive que les hommes se refusent à le faire[1]. Aussi, l'emploi de

1. Nous nous rappelons une fabrique dans laquelle on chaulait les jus par 0,005 à 0,006 au plus de chaux éteinte. Un chaulage sérieux, dans les conditions où se faisait le travail, aurait exigé 0,016 à 0,018 de chaux. Les *presseurs d'écumes* se refusèrent très-nettement à faire le surcroît de besogne qui résultait d'un chaulage plus énergique et il fallut en passer par leur caprice, jusqu'à ce que l'on se fût procuré des filtres-presses. Disons, pour la gouverne de plusieurs, que les fabriques ne sont pas rares où les ouvriers travaillent en *amateurs*, et que le fait est plus fréquent, chez nous, qu'on ne veut bien l'avouer.

la presse ordinaire et des sacs a-t-il été à peu près supprimé partout, sauf dans des cas tout à fait imprévus, et l'on y a substitué le travail du filtre-presse, qui est beaucoup plus commode, plus propre et plus énergique. La figure 56 donne l'idée de cet appareil, dont un des plateaux est retiré pour en faire voir la surface filtrante.

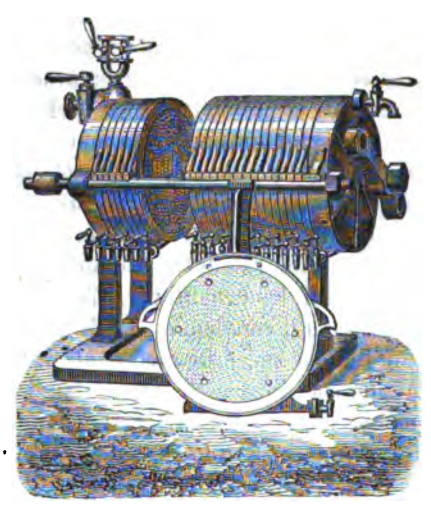


Fig. 56.

L'étude des filtres-presses est assez importante, en fabrication sucrière, pour que nous y apportions plus loin toute l'attention qu'elle mérite, et il nous suffira maintenant d'en faire comprendre le principe fondamental, en l'appliquant à l'un de ces appareils, le plus habituellement adopté en France.

Si nous supposons un vase clos, composé de deux plaques réunies solidement par des bords pleins, à fermeture bien étanche, on comprendra que, si les plaques sont perforées, si la surface est recouverte à l'intérieur par une toile métallique et une toile filtrante, la capacité intérieure entre les deux plaques formera un filtre à double surface latérale, dans lequel on pourra introduire la matière à filtrer par une ouverture ménagée à cet effet. Les portions liquides s'échapperont à travers les toiles, et le résidu sera retenu entre les plaques. Si ces plaques, au lieu d'être perforées, sont formées d'un fond plein, cannelé de chaque côté, en retrait de quelques centimètres sur les bords

bien planés qui doivent se joindre, on peut faire aboutir ces cannelures à un tube collecteur inférieur pour l'écoulement des liquides, garnir la surface cannelée d'une toile métallique et d'une toile filtrante, et l'on pourra réunir plusieurs de ces plaques de manière à avoir un espace intérieur, formé de deux surfaces latérales filtrantes, entre deux plaques consécutives. Il suffira que les deux plaques extrêmes présentent un fond cannelé seulement, et qu'un conduit commun amène, dans tous les espaces intermédiaires, la matière à filtrer. On aura ainsi la disposition indiquée par la figure 57 ci-dessous, qui



Fig. 57.

représente une plaque du filtre-presse Durieux, non garnie de ses toiles. L'ouverture supérieure, pour l'introduction des matières, est parfaitement indiquée dans le dessin, et cette ouverture forme un canal continu qui alimente tous les espaces filtrants. Le canal intérieur, muni de sa bride d'attente pour un robinet d'écoulement, recoit le liquide venant des cannelures, de chaque côté de la plaque, comme on peut le voir dans la petite coupe qui est annexée à la figure.

Réunissons un certain nombre de ces plaques, garnies de leurs toiles, sur deux supports horizontaux, entre deux pièces terminales, l'une fixe et l'autre mobile, celle-ci pouvant être pressée contre les autres à l'aide d'une forte vis, et nous aurons la disposition générale indiquée par la figure 58.

Admettons encore que la pièce fixe porte une tubulure qui communique avec le canal intérieur d'introduction des matières, et avec le tube ascenseur d'un monte-jus, dans lequel se trouve la matière à filtrer, la masse semi-fluide, en bouillie plus ou moins épaisse, des écumes et des dépôts de défécation et de sa-

turation. En faisant agir la vapeur dans le monte-jus, on opère une pression qui chasse la matière par le tube ascenseur, la fait pénétrer dans tous les espaces filtrants du filtre-presse, et

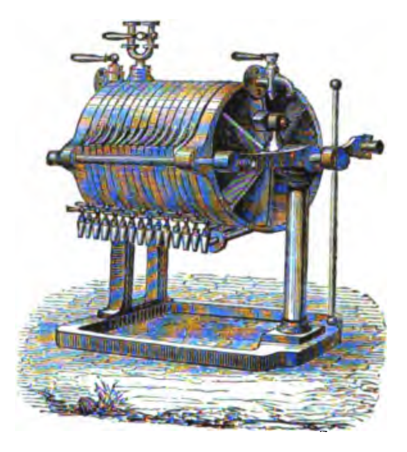


Fig. 58.

la comprime, d'une manière constante et continue, proportionnellement à la tension de la vapeur. Le liquide s'écoule par les robinets dans un caniveau qui le dirige vers un point, où il rentre dans le travail, et il ne reste bientôt, entre les toiles, qu'un gâteau de résidu presque sec. On est averti de la fin de l'opération par la cessation de l'écoulement du jus, et l'on arrête aussitôt le travail du monte-jus. Il suffit de desserrer le filtre, d'enlever les gâteaux de dépôts pressés qui se trouvent entre les plateaux, de resserrer de nouveau le système, après un nettoyage sommaire, pour être prêt à recommencer une autre opération.

Ce travail, très-rapide et très-commode, épuise parfaitement les résidus de toute nature que l'on peut avoir à traiter, et nous regardons l'adoption du filtre-presse comme un des perfectionnements les moins contestables de la sucrerie.

Nous aurons à nous occuper de cet utile instrument avec plus de détails.

Les dépôts qui proviennent du phosphatage, lorsque l'on complète la purification des jus par cette méthode rationnelle, sont essentiellement composés de phosphate de chaux insoluble et de carbonate de chaux. Ils représentent, plus ou moins exac-

tement, la composition de la cendre d'os, et ils doivent être conservés pour la préparation du phosphate acide de chaux, à moins que l'on ne fasse, en même temps, usage du *noir neutre*. Dans ce dernier cas, on a assez de résidus de noir épuisé, pour préparer la petite quantité de superphosphate nécessaire à la fabrication, et il semble qu'il soit moins utile de conserver les dépôts du phosphatage. Cependant, comme l'emploi de ces derniers offre moins d'inconvénients pratiques que celui du noir, nous préfèrerions les utiliser à cet usage. Nous en verrons les raisons. Dans tous les cas, ces dépôts doivent être lavés et pressés, afin que le résidu ne contienne plus que des traces de sucre, et que l'on évite ainsi l'introduction du glucose dans les jus.

Des noirs épuisés. — Lorsque l'on se sert du noir d'os en fabrication et c'est, malheureusement, le cas général, on se trouve en présence d'une quantité de résidus assez considérable par suite des opérations de lavage et de revivification que nous décrirons plus loin. Ces résidus sont formés des mêmes éléments que le noir normal et, en outre, ils renferment des proportions très-variables de matières organiques et de substances minérales. La chaux forme la partie la plus importante de ces dernières.

Les résidus de noir doivent être considérés, à la fois, comme engrais, pour leur portion organique, et comme amendement, pour les matières minérales qu'ils renferment. Il sont d'une haute utilité pour les terres cultivées en céréales et nous les regardons comme avantageux pour la culture des plantes saccharifères.

On peut en utiliser une certaine quantité, fort restreinte d'ailleurs, pour la préparation du biphosphate de chaux. Le seul inconvénient que ces résidus présentent pour cette application consiste dans le dégagement d'acide sulfhydrique qui se produit pendant la réaction. On sait, en effet, que le superphosphate de chaux se prépare en traitant le phosphate insoluble par l'acide sulfurique. Or, les résidus du noir contiennent environ un dixième de charbon et cette circonstance détermine la décomposition d'une partie de l'acide sulfurique et la formation d'acide sulfureux et d'acide sulfhydrique. Ce fait ne présente, du reste, que peu d'importance, si l'on opère en

plein air, de façon à se mettre à l'abri contre l'action délétère du gaz, et la petite perte qui en résulte est à peu près insignifiante.

Utilisation des mélasses. — Les mélasses sont les sirops, ou les eaux-mères, dont on a retiré le sucre cristallisable par des cristallisations successives, et dont il serait impossible d'en extraire encore à l'état cristallin par une recuite ultérieure.

Cette impossibilité n'est que relative, cependant, et il est probable que la chimie parviendra, tôt ou tard, à découvrir un moyen pratique pour isoler le sucre engagé. Dans tous les cas, ce *desideratum* devrait être le but des recherches les plus attentives à raison de l'importance qu'un fait de ce genre offrirait à la sucrerie.

Nous avons pu nous convaincre, par une série d'expériences, que les mélasses, épuisées en raffinerie par des recuites aussi nombreuses que possible, peuvent encore fournir du sucre par cristallisation directe, lorsqu'on en a séparé les matières azotées et les alcalis...

Si nous nous reportons à la moyenne des rendements de la fabrication, nous trouvons que 100 parties de masse cuite fournissent en trois jets 69^k,21 de sucre cristallisé et 22^k,79 de mélasse. Il en résulte que la production de 100 de sucre répond à près de 33 parties de mélasse (32,93), en sorte que le quart de la matière extraite passe à l'état de résidus.

En moyenne, ces résidus renferment 18 à 20 d'eau, 50 de sucre et 30 à 32 de matières étrangères. Les alcalis forment le tiers de ces dernières.

Les mélasses sortant des turbines accusent une densité de 1,453 environ ou 45° B lorsqu'elles n'ont pas été diluées; mais leur densité commune n'est que de 1,410 environ, ou 42° B, par suite de l'addition d'eau à la turbine, de l'atténuation de la clairce, ou de l'emploi de la vapeur comme agent de purge et de blanchiment.

Le moyen commun et le plus pratique d'utiliser la mélasse consiste à la soumettre à la *fermentation* et à en transformer le principe sucré en *alcool*, que l'on extrait ensuite par *distillation*, sous forme d'*eau-de-vie de consommation* (*rhum* ou *tafia*), ou d'*esprit commercial*.

Les liquides, épuisés du sucre et de l'alcool qui en dérive, peuvent être soumis à une *concentration méthodique*, qui permette d'en extraire les *sels alcalins*, s'ils en contiennent une proportion notable.

Nous aurons à étudier en détail les diverses phases de ce traitement de la mélasse ou des eaux-mères épuisées de la fabrication sucrière par la transformation de leur sucre en alcool, et nous nous contentons, quant à présent, de signaler à l'attention du lecteur l'utilité de ce mode d'utilisation, qui satisfait à plusieurs grands besoins économiques ou industriels.

A côté de ce premier mode de traitement des mélasses, il en existe d'autres qui reposent sur l'extraction du sucre qui se trouve contenu dans ces bas produits. On a proposé dans ce but plusieurs méthodes qui seront également l'objet d'un examen attentif, et que nous indiquons seulement d'une manière sommaire.

1° MM. Dubrunfaut et Leplay ont appliqué au traitement des mélasses et à l'extraction du sucre qu'elles renferment la propriété que présente la *baryte* de former un sucrate insoluble ou très-peu soluble dans certaines conditions. C'est ce qu'on appelle le *procédé barytique*, qui a été employé avec des résultats variables dans plusieurs usines.

2° M. Margueritte a proposé l'emploi de l'*alcool* pour isoler les sels de la mélasse et procurer ensuite la cristallisation du sucre dissous dans la liqueur alcoolique.

3° M. Leplay s'est appliqué à isoler le sucre à l'état d'*oxysucrate de chaux*.

4° M. Rousseau a cherché à appeler l'attention publique sur ce qu'il appelle le *sucrate de chaux insoluble*. Quelque chose d'analogue a été fait par Scheibler, qui proposait de produire un sucrate de chaux tribasique, de le faire sécher, de le débarrasser, par l'alcool faible, des matières étrangères, et de faire rentrer ce sucrate dans le travail de la défécation.

Nous verrons plus tard que, à côté de ces procédés, il en existe encore quelques autres dont la valeur mérite d'être examinée.

5° Enfin, M. Dubrunfaut, à la suite de Hauy, de Halle, a appliqué les phénomènes osmotiques à l'extraction, par l'eau, des sels contenus dans la mélasse, à l'enrichissement de celle-ci, par conséquent, ce qui permet de la soumettre à une recuite

plus ou moins fructueuse. Il a donné le nom d'*osmogène* à l'appareil ingénieux qu'il a construit pour l'application de cette méthode, qui peut rendre de très-utiles services dans des circonstances données.

Les efforts tentés dans cette voie ont été aussi nombreux que persévérants; quelques procédés ont paru praticables; d'autres ont dû être rejetés *à priori*, mais on est obligé de convenir que l'alcoolisation de la mélasse reste encore la méthode pratique par excellence, et que, en attendant la découverte d'une méthode certaine et commode pour la séparation du sucre, c'est à elle que les fabricants doivent avoir recours.

Les *eaux de lavage* qui ont servi à *dégraisser* le *noir*, les *filtres*, les *toiles*, les *sacs*, les *dépôts*, c'est-à-dire à enlever par dissolution la plus grande partie du sucre entraîné dans les résidus ou dans certaines opérations de la fabrication, ne peuvent pas toujours rentrer dans le travail, et le moyen le plus simple de les utiliser consisterait à les employer à la dilution des mélasses que l'on destine à la fermentation.

Observation générale. — Nous bornons ici l'esquisse technologique de la sucrerie, non pas que nous ayons la prétention d'avoir été complet dans ce travail, qui doit être regardé comme une synthèse des faits principaux de la fabrication et non pas comme un traité de la matière. En fabrication sucrière, il y a deux choses capitales : d'abord, bien connaître le sucre et posséder à fond les principes sur lesquels repose l'extraction de ce principe produit; ensuite, faire une application judicieuse de ces connaissances préalables au traitement spécial de la matière saccharifère que l'on possède. Nous avons cherché à réaliser la première partie de ce programme logique, et nous espérons faire voir l'utilité de cette distribution dans l'étude de la fabrication spéciale qui va nous occuper. L'intérêt du lecteur ne repose pas, en matière industrielle, sur les détails de style, sur les formes conventionnelles adoptées ou rejetées par l'écrivain didactique; il s'agit de posséder tout ce dont on a besoin pour se livrer fructueusement à la pratique d'une industrie déterminée, et l'on ne peut acquérir ces données indispensables qu'en suivant un ordre méthodique, hors duquel on ne peut rencontrer que fatras et confusion. Nous avons voulu éviter cet écueil et, au risque de quelques redites, nous avons

préféré nous attacher moins à une sorte de correction superficielle, à une élégance prévue et toute factice, afin d'exposer franchement les principes comme ils sont, comme ils résultent des faits, afin d'en faire plus commodément profiter le lecteur et d'en déduire, avec une moindre contention d'esprit, les conséquences applicables. C'est en cela que nous faisons consister le degré d'utilité d'un livre, et nous n'avons obéi, dans la distribution de notre œuvre et dans les détails qu'elle comporte, qu'à cette seule considération de l'utilité pratique qui doit en ressortir.

CHAPITRE III.

Préparation des principaux agents chimiques employés en sucrerie.

Les indications contenues dans le chapitre, très-étendu, que nous venons de consacrer à l'étude du travail sucrier, pourraient suffire à guider le fabricant de sucre prismatique dans les opérations pratiques de la sucrerie. Avec la bonne volonté et l'intelligence, tout homme actif, qui possède bien les données que nous avons exposées dans ce compendium technologique de la fabrication, peut traiter toute matière saccharifère, en extraire le jus sucré, purifier ce jus, en séparer l'eau par la concentration et la cuite, faire la cristallisation du sucre, isoler les eaux-mères, traiter celles-ci pour en retirer le sucre qu'elles renferment encore, utiliser les résidus de son travail, et ces opérations bien comprises constituent la partie essentielle et fondamentale de l'art du fabricant de sucre.

Il ne convient pas, en effet, de se faire de la fabrication du sucre une fausse idée, basée sur des appréciations déraisonnables. Tous les jours nous entendons émettre les opinions les plus bizarres, et le moindre résultat de certains bavardages ne tend à rien moins qu'à retarder les progrès de la sucrerie, en excitant les susceptibilités des pusillanimes. On se crée, à plaisir, des difficultés imaginaires et des périls de fantaisie, afin d'avoir la petite satisfaction de se faire passer pour *fort*, de *se poser* en

habile et de faire croire aux autres ce qu'on ne croit pas soi-même, lorsqu'on descend au fond de soi et qu'on lit la vérité.

Faire du sucre et le faire bien est moins difficile que de faire de l'alcool passable avec une matière première donnée. Dans la fabrication de l'alcool, on est presque toujours aux prises avec l'x, avec l'inconnu; l'agent du travail échappe au contrôle, la moindre circonstance, qu'il est souvent impossible de prévoir, suffit à renverser nos plans et à modifier nos résultats. Dans la fabrication du sucre, au contraire, tout est prévu; on sait ce que l'on peut et ce que l'on ne peut pas, ce qu'on doit faire et ce qu'on doit éviter, et rien ne peut échapper à l'étreinte industrielle dans le travail sucrier bien conduit et bien exécuté.

Qu'on ne vienne donc pas faire valoir des non-sens; que l'on sache être modeste et comprendre que, lorsqu'on ne réussit pas en sucrerie, il faut commencer par rechercher la *faute* que l'on a commise, car il y en a toujours au moins une, plutôt que de crier à l'impossibilité. Il est si simple et si commode de reconnaître qu'on a eu tort, qu'on ne savait pas, ou qu'on a mal exécuté; il est si facile de se faire cet aveu, *au moins à soi-même*, et de rechercher la cause de la sottise accomplie, plutôt que de l'augmenter encore, en y ajoutant d'autres idées erronées: mais on ne veut pas de ce qui est simple, commode, facile.

Lorsqu'une masse cuite ne *rend* pas, on commence par dire que les matières premières ne valaient rien et qu'on a été trompé... On est hors d'affaire, et l'amour-propre est sauvé. On se rejette sur des minuties. L'un attribue son insuccès à une défécation qui n'était pas assez limpide; un autre accuse les matières pectiques, un troisième la fermentation; mais personne ne songe à s'accuser de négligence ou d'impéritie.

Nous pouvons le déclarer en toute conscience. Une opération sucrière ne manque jamais, en fabrique, ou même en laboratoire, que s'il y a eu faute de l'expérimentateur, négligence de la règle, oubli des principes. Une matière première bien cultivée, récoltée à maturité, bien conservée et non altérée, donne *toujours* un *bon jus*. Si le maximum du jus a été extrait, si ce jus a été débarrassé des causes d'altération, des principes azotés, des ferments, des matières pectiques, des substances minérales, des acides et des alcalis, s'il a été bien purifié; si ce jus bien purifié est concentré rapidement, avec la moindre chaleur possible, s'il est cuit au point convenable, on

obtiendra toujours le maximum de sucre en bonne qualité, et il n'y a que l'accomplissement exact des règles qui puisse faire atteindre ce résultat d'une manière constante.

Pour que ces règles puissent être mieux appréciées, nous allons avoir à en suivre les applications dans l'étude de la fabrication spéciale, relativement à chaque matière première; mais, auparavant, nous croyons devoir nous occuper moins sommairement des principaux agents chimiques dont on se sert en fabrication industrielle.

Les agents dont nous avons à entretenir le lecteur sont assez peu nombreux, et nous rejetons de cette étude une foule de corps dont l'emploi a été conseillé à la légère et dont nous avons déjà dit quelques mots dans le chapitre précédent. Nous ne voulons parler ici que des réactifs admis par la saine pratique, ou dont l'emploi a été conseillé par des hommes compétents.

Ces agents sont la *chaux*, l'*acide carbonique*, le *noir d'os*, le *tannin*, les *phosphates solubles*, sur lesquels nous allons exposer les notions et les détails que nous croyons utiles à la fabrication.

I. — DE LA CHAUX ET DE L'ACIDE CARBONIQUE.

La *chaux* est le protoxyde du *calcium*. Elle est représentée par le symbole chimique CaO, quand elle est *vive* ou *anhydre*, c'est-à-dire sans eau, et par CaO.HO quand elle est *éteinte* ou *hydratée*.

La chaux est blanche, sans apparence de cristallisation, et elle conserve la forme de la matière première ou du calcaire qui a servi à la préparer. La densité de la chaux est de 2,300 environ, d'après M. Regnault.

« Elle a une saveur caustique et bleuit énergiquement la teinture de tournesol rougie par un acide. La chaux ne fond pas aux températures les plus élevées que nous puissions produire dans nos fourneaux; mais elle éprouve un commencement de fusion au chalumeau alimenté par un mélange d'hydrogène et d'oxygène.

« La chaux se combine avec l'eau; elle dégage beaucoup de chaleur, et une portion de l'eau s'échappe en vapeur. L'élévation de température qui a lieu pendant cette combinaison est souvent assez considérable pour déterminer l'inflammation de

la poudre. Le maximum de température a lieu quand on ajoute à la chaux environ la moitié de son poids d'eau. L'opération par laquelle on combine la chaux avec l'eau s'appelle *éteindre la chaux*... La chaux, en s'hydratant, augmente considérablement de volume; on dit qu'elle *foisonne*. Si l'on n'ajoute pas une quantité d'eau trop grande, il se forme un monohydrate de chaux, $CaO + HO$, qui reste sous la forme d'une poudre blanche, légère, douce au toucher. En ajoutant une plus grande quantité d'eau, on obtient une pâte laiteuse qu'on appelle lait de chaux.

« L'eau qui a séjourné sur de la chaux renferme en dissolution une certaine quantité de cette base, et exerce une action fortement alcaline; on lui donne le nom d'*eau de chaux*[1]. » La proportion de chaux dissoute est très-faible cependant, car 1 litre d'eau n'en dissout que 0,0014 de son poids, à la température ordinaire, et une quantité moitié moindre à chaud, d'où il suit que, par l'ébullition de l'eau de chaux, on la fait se troubler, et qu'il se précipite de la chaux qui peut se redissoudre par le refroidissement.

« La chaux vive, exposée à l'air, *attire l'eau et l'acide carbonique* de l'atmosphère; elle tombe en poussière et ne s'échauffe plus quand on la mouille avec de l'eau: on dit alors que la chaux se *délite* à l'air. Il s'opère, dans cette circonstance, une combinaison définie de carbonate et d'hydrate de chaux, $CaO.CO^2 + CaO.HO$; mais, comme l'air atmosphérique renferme toujours beaucoup plus de vapeur d'eau que d'acide carbonique, il se forme, dans le même temps, beaucoup plus d'hydrate que de carbonate; de sorte que le composé précédent reste mélangé avec une proportion considérable d'hydrate de chaux. Ce n'est qu'à la longue, l'absorption de l'acide carbonique continuant incessamment, que la masse s'approche de la combinaison définie dont nous venons de donner la formule[2]. »

La composition de la chaux supposée pure est la suivante :

	Chaux vive CaO	Chaux hydratée CaO.HO
Calcium	250	250
Oxygène	100	100
Eau		112,50
	350	462,50

1. Regnault, *Cours élémentaire de chimie*, t. II.
2. Regnault, *loc. cit.*

Fabrication de la chaux. — La fabrication de la chaux est d'une grande simplicité. « On la prépare en grand, en calcinant le carbonate de chaux ou la pierre calcaire, dans des fourneaux à cuve appelés *fours à chaux*. Les pierres calcaires sont rarement du carbonate de chaux pur. Presque toujours, elles renferment des proportions plus ou moins considérables de magnésie, d'oxyde de fer, de quartz, d'argile, etc., etc. Les qualités de la chaux dépendent beaucoup du degré de pureté de la pierre calcaire, qui sert à la préparer, et de la nature des matières étrangères que celle-ci renferme. Lorsque la pierre calcaire contient des quantités un peu considérables de ces matières, elle donne une chaux qui diffère beaucoup de la chaux pure, dont nous avons donné les propriétés. Ainsi, elle ne s'échauffe que très-peu avec l'eau; elle ne foisonne que faiblement et ne forme pas de pâte liante avec ce liquide. On dit alors qu'elle est *maigre*. La chaux fournie par une pierre calcaire, qui ne renferme qu'une très-petite quantité de matières étrangères, s'approche beaucoup, par ses propriétés, de la chaux chimiquement pure. Elle foisonne considérablement avec l'eau et s'échauffe beaucoup : on l'appelle *chaux grasse*[1].»

On comprendra toute l'importance qui s'attache à la nature même de la pierre à chaux employée, en se rappelant que la teneur du calcaire en carbonate de chaux réel peut varier du simple au double, soit de 50 0/0 à 100 0/0.

La *densité* du carbonate de chaux cristallisé est de 2,7182 et celle du *marbre* le plus pur est de 2,8376. La densité moyenne des calcaires ordinaires varie entre 2,800 × 2,900.

« Pour obtenir la chaux, il suffit de calciner la pierre à une température rapidement élevée au rouge vif. A cette température, le carbonate se décompose, *la chaux seule reste fixe*, tandis que *l'acide carbonique se dégage à l'état gazeux*, et d'autant plus facilement qu'il peut être entraîné par les gaz de la combustion et la vapeur d'eau encore contenue dans l'intérieur de la pierre, lorsque les parties superficielles commencent à se décomposer... Il faut donc employer la *pierre humide*, ou *la mouiller si elle est sèche* et, afin que, dans un même temps, toutes les pierres éprouvent les mêmes effets de la chaleur, il il est bon qu'elles aient un diamètre à peu près égal et assez

1. Regnault, *loc. cit.*

peu considérable pour qu'on en puisse élever brusquement la température (A. Payen). »

« La pierre calcaire abandonne son acide carbonique à une température plus basse dans un fourneau à cuve que dans un creuset. Cette circonstance tient à ce que les gaz se dégagent plus facilement de leurs combinaisons dans une atmosphère composée de gaz d'une nature différente... La carbonate de chaux, calciné dans un creuset recouvert de son couvercle, se trouve constamment dans une atmosphère de gaz acide carbonique, tandis que, dans le fourneau à cuve, il est dans une atmosphère où l'air, plus ou moins vicié par la combustion, domine beaucoup sur l'acide carbonique. La décomposition est donc nécessairement plus rapide dans le second cas que dans le premier.

« Les diverses pierres calcaires ne se décomposent pas toutes avec la même facilité, lors même qu'elles sont formées par du carbonate de chaux au même degré de pureté. Le degré de cohésion de la matière exerce une influence très-notable sur cette décomposition. La craie, qui présente le carbonate de chaux très-peu agrégé, se décompose beaucoup plus facilement que le marbre et le spath d'Islande, dans lesquels le carbonate de chaux est agrégé par la cristallisation.

« On distingue les fours à chaux en fours à cuisson continue, et en fours à cuisson discontinue ou intermittente (Regnault, *loc. cit.*). »

Nous représentons un four à chaux à cuisson intermittente par la figure 59.

Lorsque l'on opère avec ce genre de four, on commence par établir, au-dessus de la grille, une espèce de voûte, avec des pierres calcaires plus volumineuses, puis on remplit toute la capacité de la cuve avec du calcaire. On brûle sur la grille du bois, des fagots, des broussailles ou de la tourbe, en un mot, le combustible le plus économique que l'on trouve dans la localité.

« On ménage le feu dans le commencement, afin de donner à toute la masse le temps de s'échauffer. Au bout de douze heures, on chauffe davantage, et l'on continue ainsi jusqu'à ce que la pierre calcaire supérieure soit convenablement calcinée. On s'arrête alors et l'on défourne (Regnault). »

Nous ne décrivons pas les fours à cuisson continue, bien

qu'ils soient les plus avantageux pour la préparation de la chaux, parce que notre but actuel n'est que de faire saisir ce qui est essentiel dans cette fabrication, afin d'en faire une appli-

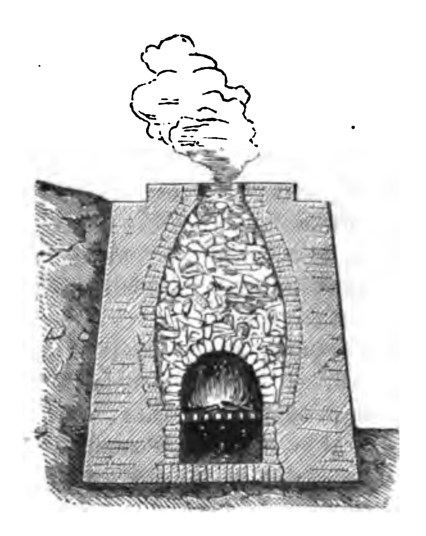


Fig. 59.

cation convenable au travail de la sucrerie. Nous n'ajouterons donc plus qu'une donnée aux renseignements chimiques qui précèdent et nous l'empruntons au *Précis de chimie industrielle* de M. A. Payen.

« *Four à foyer latéral.* — Il est facile d'opérer la calcination de la pierre à chaux d'une manière continue, ***sans contact ni mélange avec le combustible*** ou les résidus de l'incinération. A cet effet, on construit un *foyer latéral*, où l'on peut brûler du bois, de la tourbe ou de la houille... Du côté opposé au foyer se trouve une embrasure, au bas du four, par laquelle on peut tirer la chaux, en la faisant glisser sur un plan incliné établi à partir du niveau de la sole. »

Nous prenons note de cette opinion, que nous aurons à utiliser en temps opportun, lorsque nous aurons à étudier les appareils usités en sucrerie pour la fabrication de la chaux, tant dans le chapitre présent que dans celui que nous consacrons à la sucrerie indigène.

De la chaux en sucrerie. — Dans la fabrication sucrière, nous employons la chaux, en lait plus ou moins épais, après l'avoir éteinte avec de l'eau. Nous avons intérêt à l'employer aussi pure que possible, à ne la payer qu'un prix minimum et à en avoir toujours sous la main une quantité suffisante pour le travail de l'usine.

Au point de vue de la pureté, les écarts sont très-considérables et, sans recourir à des renseignements plus détaillés qui seraient parfaitement inutiles, nous résumons quelques indications qui suffisent à élucider ce point de la question.

La craie des environs de Paris renferme sur 100 parties :

Carbonate de chaux, 98,5; argile et oxyde de fer, 1,5.

Elle fournit une chaux qui renferme : chaux 97,2; argile et oxyde de fer 2,8, également sur 100.

Cette chaux est très-pure; elle ne contient pas d'éléments actifs autres que la chaux et, lorsqu'on emploie un kilogramme de ce produit, on sait qu'on introduit dans les jus 972 grammes de chaux réelle. On est placé dans des conditions excellentes. Si, au contraire, on examine le calcaire grossier, la pierre à chaux commune que l'on emploie également près de Paris et qui donne de la chaux maigre, on trouve que ce calcaire renferme 74,5 de carbonate de chaux, 23 de carbonate de magnésie et 1,2 d'argile et d'oxyde de fer. La chaux qui provient de la calcination de cette pierre contient sur 100 parties :

Chaux	78,0	= 100,0
Magnésie	20,0	
Argile et oxyde de fer	2,0	

Il est évident que, par l'emploi de cette dernière chaux, on introduit dans les liqueurs une proportion notable de magnésie, que l'on peut compter seulement sur 780 grammes de chaux réelle par kilogramme, et qu'il importe de compter avec ces circonstances, qu'il nous suffira d'avoir signalées.

En ce qui concerne la question économique, il peut se faire que, dans certaines contrées où il existe des fours à chaux, il soit avantageux d'acheter la chaux aux chaufourniers; mais cette situation est assez exceptionnelle d'une part et, de l'autre, on serait obligé de se procurer l'acide carbonique par une voie différente. Nous savons, en effet, que le calcaire pur est composé de carbonate de chaux $CaO. CO^2$ et qu'il contient

350 de chaux et 275 d'acide carbonique sur 625 parties pondérales. La calcination d'un kilogramme de calcaire ordinaire contenant, en moyenne, 86,5 0/0 de carbonate, donne donc lieu au dégagement de 377 gr. 40 d'acide carbonique et, si le fabricant de sucre prépare lui-même sa chaux, il obtient, sans augmentation de frais, tout l'acide carbonique qu'il lui faut pour faire la saturation de ses jus.

Il y a donc toujours un grand intérêt à préparer soi-même la chaux dont on a besoin pour la défécation, puisque, étant donné le prix de revient de la chaux égal à celui des chaufourniers, on obtient, en déduction, tout l'acide carbonique correspondant, par la même opération. Ce n'est pas non plus un petit avantage que de savoir à quelle chaux on a affaire, ou de ne la préparer qu'à mesure des besoins, ce qui en prévient la carbonatation par l'action de l'air, et tout est à considérer en pareille matière.

Nous supposons donc que le fabricant de sucre fait sa chaux pour obtenir à la fois la chaux et l'acide carbonique nécessaires à ses opérations, et nous résumons ainsi les faits qu'il lui importe de connaître et de réduire en pratique.

1° La densité du calcaire est de 2,800 à 2,900 et le mètre cube pèse, en moyenne, 2850 kilog.

2° Le courant d'air, les gaz de la combustion et la vapeur activent la décomposition du calcaire.

3° On peut chauffer les fours à chaux par un foyer latéral.

Nous allons établir les conséquences de ces faits; mais rappelons d'abord les principales notions techniques relatives à la préparation de l'acide carbonique, avant de traiter de la marche industrielle suivie pour l'obtenir en grand, dans les fabriques, en même temps que l'on prépare la chaux utile au travail quotidien.

Préparation de l'acide carbonique. — Nous venons de voir que 1 kilogramme de calcaire commun fournit, en moyenne, par la calcination, 377g,4 d'acide carbonique. Le résidu est de 622g,6 tenant 484g,3 de chaux réelle et 138g,2 de matières étrangères.

Il résulte de cette appréciation moyenne, que, pour un chaulage maximum de 2 0/0 sur 100000 kil. de matière, il faudra 2000 kil. de chaux, c'est-à-dire qu'il faudra opérer la calcina-

tion de 4128k,8 de calcaire ordinaire pour obtenir cette chaux et, en même temps, tout l'acide carbonique nécessaire à la saturation.

De cette première donnée, il ressort évidemment une conséquence pratique que nous exposons, dans l'intérêt des fabricants de sucre.

Les fabricants d'engins pour sucreries établissent des tours, de vrais chateaux forts de tôle et de fonte, pour la préparation simultanée de la chaux et de l'acide carbonique, et les fabricants achètent ces machines, sans réfléchir à ce fait que le chaulage de 100000 kilogrammes ne réclame pas plus de 4500 kil. de calcaire en chiffres ronds, c'est-à-dire pas plus de 2 mètres cubes de capacité active, qu'il convient de porter à 3 mètres pour tenir compte des vides. Il y a là une première inconséquence de part et d'autre, inconséquence qu'il suffit de signaler à l'attention de la sucrerie pour que l'on comprenne combien il est inutile de jeter son argent en pure perte dans les conceptions chaudronnières.

En tout cas, nous disons que la calcination d'un kilogramme de calcaire commun nous fournira non seulement 484g,4 de chaux, c'est-à-dire de quoi faire le chaulage extrême, à 2 0/0 de 242 litres de jus, mais encore 377g,4 d'acide carbonique[1]. Or, cette quantité d'acide carbonique serait suffisante pour transformer en carbonate de chaux 484g,4 de cette base, en supposant, par impossible, que toute cette chaux serait restée dans les liqueurs à l'état de sucrate. Mais comme une partie notable de chaux disparaît dans les dépôts de défécation, nous disons que la proportion d'acide carbonique produite par la calcination du calcaire suffit, non seulement pour carbonater la chaux, mais encore pour carbonater les alcalis qui se trouveront dans les jus déféqués.

Un *premier moyen de production d'acide carbonique* se rencontre donc dans *la calcination du calcaire*, dans la fabrication de la chaux et, à la rigueur, cette production peut suffire à tous les besoins.

Ce n'est pas, cependant, tout ce qui en est produit dans ce travail, et la combustion, l'oxydation du carbone du combusti-

1. En ne comptant pas maintenant celui qui est dégagé par la combustion...

ble, en fournit encore une proportion plus considérable, lorsque les conditions d'une bonne combustion sont remplies. Si nous admettons que le combustible reçoit une quantité d'air suffisante pour que tout le carbone passe à l'état d'acide carbonique, nous trouvons que 75 kil. de charbon, représentant 70 kil. de carbone réel, donnent 256^{k},67 d'acide carbonique.

Comme il convient de voir le côté pratique des faits, nous admettrons que la moitié seulement du carbone passe à l'état d'acide carbonique et que l'autre moitié forme de l'oxyde de carbone. La combustion de 75 kil. de charbon (*coke*) nous donnera donc 128^{k},34 d'acide carbonique et 81^{k},67 d'oxyde de carbone.

En pratique, la calcination de 1000 kil. de calcaire ordinaire exige l'emploi de 130 à 140 kil. de charbon, soit 135 kil. en moyenne, d'où il résulte que la combustion du charbon nécessaire à la calcination de 1 kil. de calcaire produira, *au minimum*, 231 grammes d'acide carbonique, en n'admettant la combustion complète que pour la moitié du charbon. On aura donc les résultats suivants, en acide carbonique, pour la calcination de 1 kil. de calcaire :

Acide carbonique venant du calcaire...............	377^{gr},4
Acide carbonique venant de la combustion (minimum).	231
En tout..................	608^{gr},4

Cette proportion d'acide carbonique dépassant de beaucoup le besoin, on peut conclure que, par le fait de la préparation de la chaux, on produit certainement plus d'acide carbonique qu'il n'en faut, en réunissant le gaz venant du calcaire et celui qui provient de la combustion. Le *chiffre théorique* de la production de l'acide carbonique s'élèverait à 736^{gr},74 par kilogramme de calcaire traité, si l'on comburait entièrement la totalité du carbone; mais nous préférons nous en tenir au chiffre restreint que nous avons indiqué.

Nous avons donc, dans la calcination de la chaux, un procédé assuré pour obtenir à la fois la chaux et l'acide carbonique, et c'est à ce procédé que l'on a recours habituellement en sucrerie.

De ce qui précède on peut conclure que, à défaut de calcaire, ou lorsque l'on trouve plus commode d'acheter la chaux que de la fabriquer, on peut obtenir l'acide carbonique par la

combustion, ce qui est de toute exactitude; mais, ici, il se présente deux cas à examiner. Ou bien on établira un appareil spécial pour la combustion et l'oxydation du charbon, ou bien on se bornera à emprunter les gaz produits par le chauffage des appareils, tels que les générateurs, etc. Ces deux modes sont d'une application possible, sous différentes réserves qu'il est bon de faire connaître.

Acide carbonique par le charbon et par foyer spécial. — En nous reportant à l'appareil de Barruel et à celui des frères Rousseau (fig. 20), nous nous trouvons en présence de ce mode dans les conditions où il a été appliqué industriellement. Il est certain que, si l'on admet l'*incandescence de la masse entière* du charbon renfermé dans le four, si l'on introduit constamment un *excès d'air*, on obtiendra, par cette machine, un mélange gazeux composé d'acide carbonique, d'azote, d'air en excès et de quelques autres produits. Cette masse gazeuse, dûment lavée, sera très-propre à opérer la saturation. Malheureusement ces hypothèses ne sont que des hypothèses avec l'engin dont nous parlons, et avec tous ceux qui sont construits sur ce type. Si l'on procède par insufflation d'air, on est obligé d'avoir un four hermétiquement clos, et de procéder par charges intermittentes. Dès lors, il n'y a plus incandescence de la masse, au moins pendant un temps plus ou moins long, après les chargements, et une partie de l'acide carbonique, formé dans les couches incandescentes, repasse à l'état d'oxyde de carbone et se *désoxyde* en traversant la couche superposée de charbon noir, non incandescent.

Au contraire, si la pompe aspire l'air extérieur, si elle est placée au delà du four, il sera possible d'avoir affaire à un foyer disposé d'une manière toute différente, sur lequel le combustible pourra être chargé à volonté dans des conditions telles qu'on ne produise que des quantités insignifiantes d'oxyde de carbone. Supposons, par exemple, que la grille est inclinée vers l'avant et relevée en arrière, que le combustible est allumé d'abord près de l'autel, et que, à mesure que l'incandescence s'établit, on repousse vers ce point du combustible déjà rouge, venant de la partie moyenne, où on le remplace par du charbon non incandescent : il est clair que le courant d'air appelé n'agira que sur le charbon rouge et qu'on ne produira qu'un

minimum d'oxyde de carbone. La manœuvre de la grille pourrait même se faire mécaniquement, à l'aide d'une grille à barreaux articulés, et l'on éviterait ainsi la plupart des inconvénients des fours à insufflation d'air. Cette condition de l'incandescence de la masse est indispensable dans tous les systèmes.

Acide carbonique des carneaux. — Nous ne comprenons pas comment on ne s'est pas occupé d'utiliser l'acide carbonique qui s'échappe des foyers des générateurs, au lieu d'avoir recours à une production spéciale, lorsque l'on se procure la chaux du dehors et qu'on ne la fabrique pas soi-même. Il suffirait, pour cela, de placer derrière l'autel du foyer un tube de grand diamètre en terre réfractaire, rempli de pierre ponce ou de brique en fragments. Ce tube, ouvert à une extrémité qui s'avancerait jusque vers le milieu de l'autel, sortirait du massif par l'autre extrémité, également ouverte, et l'on adapterait à celle-ci un tube en fonte, qui viendrait se relier à l'appareil de réfrigération. Celui-ci serait suivi d'une pompe aspirante et foulante qui appellerait les gaz chauds et les refoulerait dans un *récipient-laveur*, sous une pression convenable. Les gaz du foyer, contenant toujours un excès d'air, se brûleraient complétement en passant à travers le tube incandescent rempli de matières poreuses, et l'on aurait moins à redouter les produits pyrogénés que par l'emploi de l'appareil de Barruel.

Nous faisons observer, cependant, qu'il nous semble préférable, en toutes circonstances, de réunir la préparation de l'acide carbonique avec celle de la chaux, tant par mesure d'économie que pour obtenir des produits plus purs et plus riches en acide carbonique, exigeant, par conséquent, moins de temps pour procurer une bonne saturation.

Acide carbonique par la décomposition chimique des carbonates. — Plusieurs personnes ont songé à faire agir l'acide chlorhydrique affaibli sur le calcaire ou le carbonate de chaux, plus ou moins impur. Il résulte de cette action de l'acide carbonique à *peu près pur* et du chlorure de calcium.

Ce procédé ne présente pas d'avantage en ce qui concerne la pureté du produit. C'est tout au plus si cette pureté prétendue pourrait faire économiser quelques minutes sur le temps

de travail nécessité par l'emploi du gaz ordinaire, provenant de la combustion ou de la décomposition du calcaire.

Or, nous ne pensons pas que cette petite économie de temps puisse faire compensation à la dépense assez considérable causée par l'emploi de l'acide. Il est vrai que Michaëlis et les Allemands, ceux qui suivent son procédé, prétendent qu'en opérant ainsi ils obtiennent pour *produit accessoire* le chlorure de calcium, dont ils se servent pour la transformation des alcalis en chlorures ; mais ce produit accessoire (*Nebenproduct*) est fort loin de représenter la dépense faite. En admettant qu'il faille, suivant ce procédé, employer 2 kilogrammes de chlorure de calcium pour 1,000 litres de jus, cette quantité ne répond qu'à 721g,29 de calcaire, c'est-à-dire à la production de 317g,35 d'acide carbonique, ce qui est bien loin de la quantité de gaz qu'il faut et ne répond tout au plus qu'à ce qui suffit à transformer les alcalis en carbonates.

Nous ajouterons encore, pour la gouverne des fabricants de sucre qui pourraient être tentés de se germaniser à ce point, que l'acide chlorhydrique du commerce renferme assez de chlorure de fer et d'autres chlorures étrangers, de chlorure d'arsenic même, pour que l'on ait à se mettre en garde contre cette impureté réelle, à laquelle on peut obvier, à la vérité, par un lavage convenable du gaz, mais qui réclame impérieusement ce lavage.

On a conseillé d'utiliser l'acide carbonique qui se dégage pendant la fermentation des matières saccharines et, franchement, bien que ce procédé puisse être praticable lorsque la distillerie est annexée à la sucrerie, nous ne voyons pas quels en seraient les avantages au point de vue de l'économie et de l'agencement. Le seul que nous puissions distinguer nettement repose sur la pureté du gaz que l'on obtiendrait ainsi. Il est vrai que, sous ce point de vue, la chose est à considérer; mais, pour cela, il importe que la distillerie soit à proximité de l'usine sucrière, que le fisc ne mette pas d'empêchement aux communications tubulaires qu'il y aurait à établir, etc.

En France, on a employé et l'on emploie encore assez fréquemment une méthode mixte qui consiste à faire alimenter un fourneau à cuve, à foyer inférieur, par un mélange de calcaire et de charbon ou de coke. Il y a là une faute considérable. L'appareil est chargé par le haut, à la façon dont on charge

les hauts-fourneaux de fonderie; il en résulte que, si l'on n'attend pas que toute la masse soit bien incandescente, on appelle, dans les chaudières à saturation, de l'oxyde de carbone avec très-peu d'acide carbonique, et que la saturation se prolonge parfois pendant un temps très-long, ou qu'elle n'est faite que partiellement.

En résumé, les divers modes de production de l'acide carbonique peuvent se grouper ainsi :

1° Décomposition du calcaire par la chaleur, avec ou sans utilisation de l'acide carbonique de la combustion, avec ou sans l'intervention de la vapeur d'eau, sur l'utilité de laquelle nous reviendrons plus tard.

Dans les procédés de cette méthode normale, on obtient à la fois la chaux et l'acide carbonique; c'est la marche que nous préférons, et l'acide obtenu est d'autant plus pur que l'on n'y mélange pas les produits de la combustion.

2° Méthode mixte, dans laquelle on fait calciner un mélange de calcaire avec du charbon.

3° Oxydation du carbone par la combustion du charbon de bois ou du coke dans des fours spéciaux, au milieu d'un courant d'air produit par aspiration, ce qui est préférable, ou par insufflation, par refoulement.

4° Utilisation du mélange gazeux qui s'échappe des foyers de combustion destinés à chauffer les générateurs, etc. Ce mode est le plus économique, lorsqu'on n'a pas besoin de préparer la chaux.

5° Enfin, utilisation de l'acide carbonique de la fermentation.

Réfrigération et lavage de l'acide carbonique. — Divers inconvénients résultent de l'emploi de l'acide carbonique, ou, plutôt, du mélange gazeux dont il fait partie, lorsque le gaz est introduit dans les jus chaulés, sans qu'on l'ait préalablement refroidi. Dans ce cas, en effet, les produits pyrogénés de la combustion passent dans les jus et en altèrent le goût et l'arome. Il arrive même que les jus noircissent ou passent au brun olivâtre sous l'influence de certains principes mal définis qui paraissent se séparer par le refroidissement. Il convient donc de refroidir le mélange gazeux pour cette raison, et encore parce que, lorsqu'on agit par aspiration, à l'aide d'une pompe aspi-

rante et foulante, cet engin serait bientôt mis hors d'usage et se gripperait par la chaleur. On interpose le plus souvent un serpentin, baigné dans l'eau froide, entre le four producteur d'acide carbonique, ou le foyer de combustion, et la pompe, en sorte que les gaz, en arrivant à celle-ci, ne puissent plus être nuisibles. En sortant de la pompe aspirante, les gaz sont refoulés, par barbotage, dans un récipient construit pour résister à la pression que le gaz aura à surmonter et dans lequel se trouve une couche de liquide dans lequel le mélange se dépouille des matières goudronneuses et empyreumatiques entraînées. Rien n'empêche d'opérer ce lavage sur un point différent du trajet du gaz, de le rendre plus efficace en alcalisant l'eau de lavage, etc. Il ne nous paraît pas nécessaire de donner une grande épaisseur à la couche de liquide dans lequel on opère ce lavage ou ce barbotage; car, d'après notre expérience, il suffit que le gaz soit obligé de barboter très-nettement dans le liquide laveur et que ce liquide ne subisse pas un échauffement considérable.

Appareils. — Il serait illusoire de songer à décrire tous les appareils qui ont été proposés pour la fabrication isolée ou simultanée de la chaux et de l'acide carbonique en sucrerie, et nous ne songeons pas à aborder une tâche aussi ingrate. Il est utile, cependant, de faire connaître les plus importants parmi les appareils usités, et d'indiquer, pour chaque procédé et chaque appareil, la valeur approximative de l'opération et du travail produit; nous terminons donc ce paragraphe par la description sommaire de quelques fours dont la construction peut être d'un certain intérêt.

La figure 60, ci-dessous, donne une coupe verticale d'une disposition construite par la maison Cail et C[ie]. A est la cuve d'un four à chaux continu producteur d'acide carbonique. Cette cuve porte des regards par lesquels on peut surveiller l'opération et faire descendre le *calcaire* à mesure que l'on a retiré de la *chaux*, par une des portes inférieures *s*. Le calcaire est introduit par le haut, après qu'on a ôté le couvercle en fonte *a'*. On en remplit toute la capacité et on a soin d'en ajouter à mesure que la production s'effectue. Le foyer est marqué en *m*, et *g* est le cendrier. On brûle le combustible sur la grille *o*, et les gaz chauds pénètrent dans le four en *n* par des carneaux *l*. Le gaz

produit est appelé par une pompe aspirante. Il se dirige par le tube *bb* dans un vase intermédiaire, où il est lavé dans plusieurs couches minces d'eau. De là il passe en *f* par *c*, et il laisse

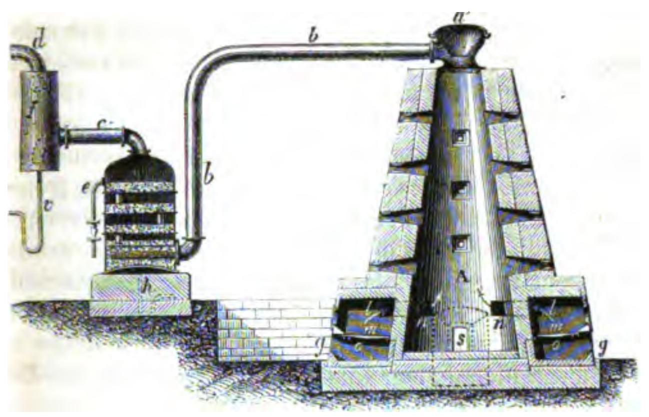


Fig. 60.

déposer la faible proportion d'eau entraînée. Cette eau s'écoule par *v*, et le gaz se rend par *d* vers la pompe et les chaudières de saturation.

Cet agencement est fort rationnel et bien compris sous le rapport de la production du gaz. Le produit se compose, en effet, de l'acide carbonique à peu près pur provenant de la décomposition du calcaire et de celui qui vient du combustible. Si donc un appel d'air suffisant détermine un apport d'oxygène assez considérable pour comburer la totalité du carbone et le faire passer à l'état d'acide carbonique, on se trouve à peu près dans les conditions utiles pour la production du maximum. Nous ne reprochons à cette installation que ses dimensions exagérées, dont il est aisé de se rendre compte par ce qui a été exposé précédemment. Ce défaut est commun, d'ailleurs, à tous les dispositifs organisés par les chaudronniers, qui semblent s'être préoccupés surtout de faire entrer le plus possible de métal dans la construction de leurs engins. Ce n'est encore qu'à moitié mal, lorsque les dispositions sont intelligemment combinées, ce qui est le cas du four Cail; mais la chose est loin d'être constante.

Puisque nous venons de citer le four Cail, disons tout de suite que, lorsque nous conseillons à la fabrication de se tenir

en garde contre certains constructeurs, ce n'est pas parce que leurs appareils sont mal construits. Au contraire, ce qui sort des grands ateliers est, le plus souvent, dans de bonnes conditions, et ce n'est pas là ce que nous reprochons à ces établissements. Nous regardons certaines maisons de construction comme des adversaires acharnés de la sucrerie, parce que tous leurs agissements tendent à dominer la fabrication et à en faire leur chose, aussi bien en Europe que dans les colonies. Nous n'attachons même qu'une importance relative à la cherté excessive de leurs engins ; ce que nous blâmons avec le plus d'énergie, c'est cette prétention outrée et fort peu motivée, d'ailleurs, de se dire indispensables et d'attaquer tout ce qui est en dehors de leur action. Toutes les machines qui ne sont pas de leur construction sont mauvaises, et nous pourrions citer de nombreux exemples de cette aberration.

La disposition du four Kindler (fig. 61) est appréciée en Allemagne, et nous en reconnaissons volontiers le mérite spécial

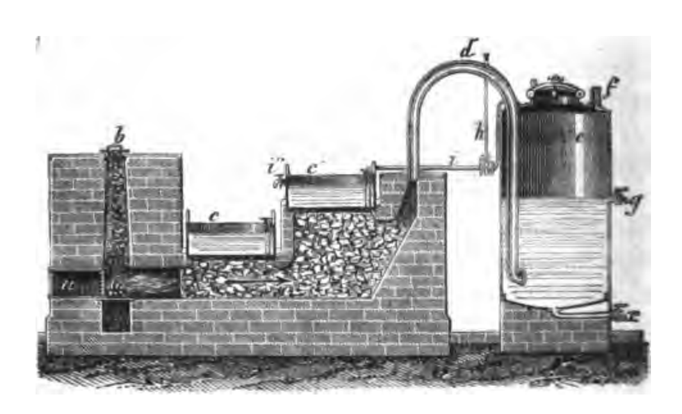


Fig. 61.

qui consiste dans une introduction méthodique du combustible, calculée de telle sorte que le gaz produit ne puisse se décomposer au contact du charbon noir, non incandescent, et que le volume d'air et le combustible soient dans un rapport à peu près constant.

Le foyer est en *a* et le combustible est introduit par le couvercle *b*. Les gaz passent directement sur le calcaire, se refroidissent plus ou moins en léchant les parois des cuves *cc'* con-

tenant de l'eau, et ils passent ensuite dans le laveur par le tube *d*. Ils sont appelés par une pompe aspirante qui les sollicite en *f*.

On comprend aisément, par la seule inspection de la coupe ci-dessus, que la calcination du calcaire ne peut pas être très-active dans ce four, sinon dans la portion qui fait carneau horizontal à la suite du foyer et, sauf pour la nécessité d'avoir de l'eau chaude pour différents usages, nous ne voyons pas trop l'utilité des cuves *cc'*. Il serait plus rationnel de faire passer le gaz dans un serpentin ou dans un faux fond, et de le refroidir directement avant son entrée en *e*. Mais ce n'est pas là que se trouve la valeur de ce four. L'alimentation du combustible par le *gueulard* de la cheminée alimentaire en *b* permet de chauffer très-méthodiquement et de ne faire qu'un minimum d'oxyde de carbone. L'air brûlé n'a jamais à traverser des couches non incandescentes, et même on pourrait fermer la porte du foyer *a*, ou la supprimer et faire passer l'air par *b*, sans qu'il en résulte le moindre inconvénient. Au contraire, le dispositif serait encore simplifié et l'air extérieur n'agirait que sur du combustible porté au rouge; les gaz produits ne seraient en contact qu'avec de la chaux incandescente ou du calcaire, et il n'y aurait pas le moindre danger de réduction. Nous pensons que, de toutes les manières d'amener le combustible sur la grille, celle-là est la meilleure, la plus pratique et la plus économique, sous tous les rapports, bien que le reste de la construction ne soit pas aussi rationnel.

Ce mode d'alimentation, adapté à un meilleur four, au four Cail, par exemple, produirait de très-bons résultats, et nous serions, en outre, d'avis de supprimer le tirage en *a* pour le faire partir de *b*, en fermant la porte de *a* aussitôt que le combustible serait en incandescence. Nous parlons, bien entendu, dans le sens de ces grands dispositifs que nous condamnons en principe, pour leur exagération habituelle, mais qui peuvent être nécessaires pour certaines grandes usines.

On a si bien compris le défaut du four de Kindler, en ce qui touche à la calcination du calcaire, qu'il a été conseillé de le modifier dans le sens indiqué par la figure 62 ci-dessous.

L'alimentation se ferait comme il vient d'être dit, et les gaz, passant dans le four à chaux A, opéreraient la calcination du calcaire. Ils agiraient de même en B avant de passer dans un

récipient laveur par le tube *e*. La chaux produite serait retirée par CC′ et le calcaire serait introduit par *cd*.

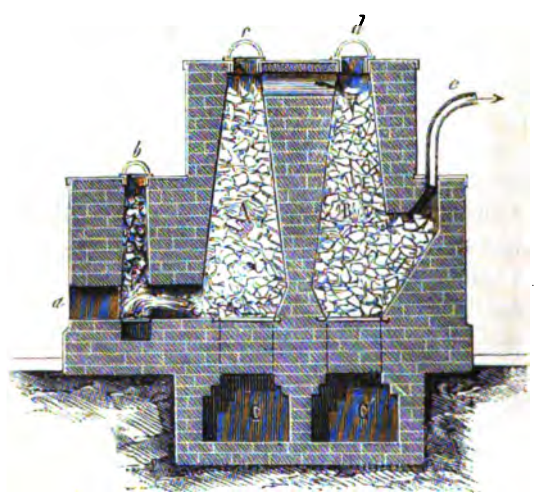


Fig. 62.

Nous ne croyons pas que la calcination puisse bien s'effectuer dans le second four B, que nous regardons comme fort inutile. Nous le supprimerions donc et nous ne conserverions que la disposition de l'alimentation *b*, un four A alimenté de calcaire par *c*, opérant sa vidange par C, un laveur à la suite, puis la pompe aspirante. On réunirait, de cette façon, les avantages des fours de Cail et de Kindler en une seule installation qui serait fort peu coûteuse et pourrait être réduite à volonté.

On trouve, dans la troisième édition de l'ouvrage de Walkhoff, la description d'une disposition assez compliquée, pour la calcination du calcaire en cornue, avec intervention de la vapeur surchauffée[1]. La figure 63 donne la coupe verticale du four proprement dit.

A est le massif d'un fourneau dans lequel la vapeur, pénétrant en *a*, se surchauffe en parcourant un serpentin placé au

1. Cette disposition n'a pas été mentionnée dans la traduction française, et ce n'est pas, du reste, la seule omission de ce genre. Bien qu'il soit probable que les modifications qui ont été faites ont eu l'assentiment de l'auteur, il n'en est pas moins vrai qu'il convient de recourir au texte allemand, lorsque l'on veut avoir une idée complète du travail de Walkhoff.

milieu du combustible incandescent, dont la production en acide carbonique paraît avoir été négligée. Cette vapeur surchauffée s'introduit par *v* dans la cornue *c* de calcination en B. Cette cornue est fermée par les portes à vis *bf*, et l'on com-

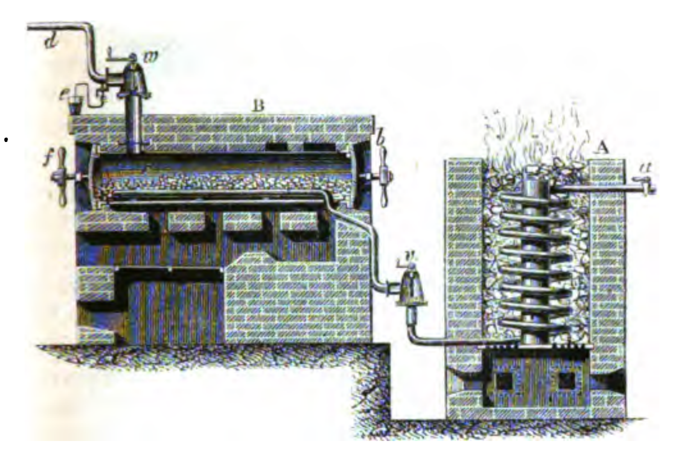


Fig. 63.

prend que le courant de vapeur surchauffée favorise puissamment la décomposition du calcaire qui est alors opérée en très-peu de temps.

Le gaz produit sort de la cornue par *w* et *d* et se rend dans le laveur D, où il se purifie et se refroidit (fig. 64).

De là il passe par le robinet *i* et le tube *n*, dans le gazomètre E, où il arrive en *r*, et il sort, par le tube *so*, pour se rendre à la saturation.

Cette installation est assez compliquée ; mais, si elle présente un petit inconvénient sous ce rapport, la suppression de la pompe doit être prise en considération. Si l'on utilisait le combustible dans la production d'acide carbonique qui en dérive, on pourrait adopter un dispositif de ce genre ; mais nous ne pensons pas qu'il y ait avantage à le faire dans les circonstances données.

Nous ne décrirons pas d'autres fours à chaux et à acide carbonique, et nous renvoyons à l'étude de la sucrerie agricole la description de la disposition que nous avons adoptée. Ce qui précède nous semble suffisant pour que les praticiens puissent

choisir ce qui convient le mieux à la nature et à l'importance de leurs opérations et, par l'observation des faits chimiques

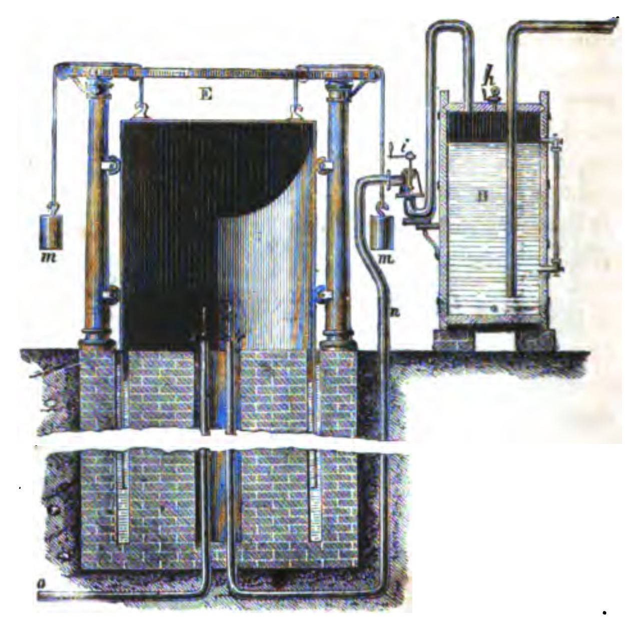


Fig. 64.

relatifs à la chaux et à l'acide carbonique, il est toujours possible de se guider vers les meilleures conditions industrielles.

II. — FABRICATION ET REVIVIFICATION DU NOIR D'OS.

Cette fabrication consiste essentiellement dans la carbonisation, en vase clos, des os d'animaux, que l'on a concassés au préalable et débarrassés, par une longue ébullition dans l'eau, de la plus grande partie de leur matière grasse.

Cette extraction de la matière grasse n'a d'autre but que le côté économique de la fabrication, car son produit sert à couvrir une partie des frais, tandis que, par la calcination ou l'application de la chaleur, les principes gras disparaîtraient à l'état volatil, sans augmenter d'une manière bien sensible la proportion du produit charbonneux.

Les os d'animaux employés pour la préparation du charbon

animal peuvent être rangés en deux grandes catégories, les *os verts* et les *os secs;* ceux-ci sont les os qui ont été ramassés dans les vieux charniers, dans les champs ou ailleurs, et qui, par une longue exposition à l'air, ont perdu une partie considérable, sinon la presque totalité de leurs principes animaux fermentescibles.

Les *os verts,* au contraire, sont ceux qui proviennent d'animaux récemment abattus ou morts depuis peu de temps, que l'on achète à la boucherie ou aux abattoirs, ou que l'on rencontre dans les débris de cuisine, dans les déchets de boucherie, etc.; ces derniers renferment la plupart des principes constituants des os frais.

On ramasse les os avec soin dans les pays civilisés de l'ancien monde, et l'industrie du chiffonnier, en s'exerçant sur toutes les matières utilisables qui peuvent se trouver dans les immondices et les ordures, parvient à amonceler des quantités considérables d'os, de chiffons, de vieux papiers et d'autres matières, qui sont soumises à un triage convenable et vendues ensuite aux diverses branches des fabrications qui les emploient.

Dans les vastes contrées du nouveau monde, où l'on rencontre des troupeaux de grands animaux à l'état sauvage et où la chasse qui leur est faite n'a guère d'autre but que de s'emparer de leurs peaux, on trouve, en certains endroits, des amas d'ossements qu'il serait très-aisé d'employer à la préparation du charbon animal. Mais ce produit est assez peu utilisé dans la sucrerie exotique, et la nature admirable de la canne fournit à peine un prétexte à l'introduction de cette complication.

La fabrication du charbon d'os est donc une industrie exclusivement européenne, du moins au point de vue de la fabrication sucrière.

Le produit qui résulte de la calcination des os ne présente pas toujours la même qualité ni des propriétés identiques; il est plus ou moins *absorbant,* plus ou moins *décolorant,* en sorte que, dans l'achat de cette matière, il importe de faire un essai préalable qui en fixe la valeur au moins relativement à la décoloration qu'il peut produire.

Nous avons indiqué le mode à employer pour faire cet essai[1]

1. Voir p. 161 et suiv.

et nous n'avons pas à revenir sur cet objet. Il est bon cependant de chercher à se rendre compte des causes qui font varier la qualité et les propriétés des *sortes* de noir d'os, afin de prémunir la fabrication contre les résultats de la supercherie ou d'une mauvaise préparation. Si donc nous nous en rapportons aux conclusions du mémoire de M. Bussy, que nous avons exposées avec celle du travail de M. Payen, nous trouverons quelques propositions sérieuses et qui méritent considération à l'égard du sujet qui nous occupe; nous les analysons sommairement pour les avoir présentes sous les yeux :

« Le charbon *seul* agit comme décolorant et ce, avec d'autant plus d'énergie qu'il est moins compacte, plus poreux, plus divisé, moins dur et moins brillant, sans que la division mécanique seule puisse produire ces résultats... »

Voilà qui est bien compris, et il est parfaitement entendu que le charbon *seul*, calciné modérément, divisé par l'interposition des molécules d'une matière *inerte* qui faisait partie de la masse avant la calcination, présente des propriétés décolorantes.

Tous les charbons amenés à cette condition de porosité seraient décolorants.

On a constaté le fait et l'on y a ajouté une expérience concluante sur les autres substances qui font partie du noir d'os avec le charbon, par laquelle on a pu vérifier l'absence de toute propriété décolorante dans ces différentes matières, qui sont : les phosphate, carbonate et sulfate de chaux, le sulfure et l'oxyde de fer, un peu de fer à l'état de carbure silicé.

Le noir ne décolore donc que par les 10 centièmes de charbon azoté qu'il contient; c'est chose entendue, admise, prouvée. Nous disons charbon azoté, parce que le charbon, provenant de matières animales, contient en effet 6 à 7 centièmes d'azote réel.

De ce qui précède, il est facile d'apprécier la cause de la différence de qualité que l'on remarque dans les noirs.

Elle tient évidemment à la présence du charbon, et celle-ci est intimement liée à la proportion de matières organiques renfermées dans les os.

Plus les os contiendront de substances organiques carbonisables, plus ils donneront de charbon réel interposé dans les particules de la masse calcinée, plus le produit sera décolo-

rant; cela ne fait pas le moindre doute. La proposition inverse est également vraie.

Il importe donc extrêmement au fabricant de sucre et au raffineur, pendant tout le temps que, dans leur méthode industrielle, ils emploieront le noir comme agent de décoloration, de savoir quelle est l'origine réelle, garantie, de ce noir, et s'il provient d'*os verts* ou d'*os secs*, car toute la question est là.

Si les *os verts*, frais relativement, sont la matière première employée, comme cette matière renferme le maximum de substances organiques, elle donnera un produit qui renfermera le maximum de charbon et qui sera très-décolorant.

Dans le cas de l'emploi des *os secs*, la proportion de substance organique carbonisable étant en raison inverse du temps de leur exposition à l'air et de l'action exercée sur eux par divers agents, la proportion de charbon qui restera dans le produit sera extrêmement variable et, par suite, la propriété décolorante offrira les différences les plus bizarres, malgré la coloration noire et l'apparence du charbon.

Les produits résultant d'un mélange à proportions données d'os verts et d'os secs offriront à peu près une teneur moyenne en charbon et seront, par conséquent, de qualité moyenne.

En thèse générale, la fabrication sucrière ne devrait employer, pour les raisons et motifs qui viennent d'être déduits, que des charbons garantis de provenance d'os verts et contenant 10 centièmes de leur poids de charbon, puisque c'est la teneur moyenne des charbons bien préparés avec des os riches en matières organiques.

Le charbon offre, par la proportion dans laquelle il fait partie des noirs d'os, le seul criterium vrai, la seule vérification sérieuse de la valeur de ces noirs.

Voici donc un *mode d'essai* que nous recommandons à la pratique industrielle.

Essai du noir. — On prend une quinzaine de grammes du noir à essayer, et on le fait sécher à la chaleur de + 120° à + 130° dans une petite étuve, ou, même, avec un peu d'attention, sur un petit fourneau, au-dessus duquel on l'a placé dans un creuset bien couvert. Rien même n'empêche de le porter à

une température plus élevée, pourvu que le creuset qui le renferme soit bien protégé contre l'introduction de l'air.

Cela fait, on laisse refroidir, puis on pèse exactement 10 grammes de la matière pulvérisée aussi finement que possible. On met ces 10 grammes dans un petit têt à rôtir que l'on a porté au rouge et dont le poids est connu à l'avance : par la calcination à l'air libre, le noir perd son charbon et passe à l'état de cendres d'os. On pèse alors le têt avec ce qu'il contient, lorsque la matière est devenue bien blanche. La perte éprouvée donne la proportion de carbone, qui ne doit pas être inférieure à 1 gramme, si le noir a été préparé dans de bonnes conditions, avec des os renfermant une due proportion de matière organique[1].

Analyse des os. — Les *os* contiennent, *en moyenne*, 42,5 de matière organique et 57,5 de substance minérale ou non organique.

La partie minérale offre la composition suivante dans les os de bœuf et de mouton :

	Os de bœuf.	Os de mouton.	Moyenne.
Carbonate de chaux........	10,07	9,42	9,745
Phosphate de magnésie....	2,98	2,15	2,565
Phosphate de chaux........	83,07	84,39	83,730
Fluorure de calcium......	3,88	4,05	3,965

Le phosphate de magnésie a pour formule $3MgO.PhO^5$, et le phosphate de chaux, $3CaO.PhO^5$, et ils sont, par conséquent, tribasiques, en sorte que les os tiennent, en moyenne :

Chaux..........................	50,557
Magnésie........................	0,860
Acide carbonique.................	4,287
Acide phosphorique...............	40,346
Calcium.........................	2,023
Fluor...........................	1,942

La matière organique est essentiellement formée de gélatine, dont la formule est $C^{13}H^{10}O^5Az^2$, et renferme, par conséquent :

Carbone,	C^{13}	= 975	50,00
Hydrogène,	H^{10}	= 125	6,42
Oxygène,	O^5	= 500	25,65
Azote,	Az^2	= 350	17,93
		1,950	100,00

1. Nous indiquons plus loin les modes d'essai usités ou recommandés en fabrique.

Dégraissage des os. — Les os, après avoir été plus ou moins bien divisés, à la main, à l'aide d'une hachette, sont portés à l'ébullition avec de l'eau dans des chaudières en fonte ou en tôle; c'est de cette ébullition, soutenue et prolongée pendant plusieurs heures, que dépend l'élimination de la graisse. On laisse refroidir le liquide dans la chaudière même, ou bien on le fait passer dans un bac à refroidir à l'aide d'une épinette.

La matière grasse s'élève à la surface du liquide, où elle se fige et se solidifie par le refroidissement; il devient alors facile de l'enlever mécaniquement. On la purifie par une fusion nouvelle et on la coule en pains coniques dans des baquets en bois dont les parois sont mouillées. Elle peut, dès lors, être livrée au commerce et employée dans les industries stéariques ou pour d'autres usages.

Calcination. — Les os dégraissés, *débouillis*, ainsi nommés par opposition aux os frais ou verts, que l'on appelle *os gras*, sont soumis à la *calcination* en pots ou en cylindres.

La calcination en pots se fait de la manière suivante :

Dans des pots en terre réfractaire de 30 centimètres de diamètre sur 40 centimètres de haut, on place des os débouillis et concassés, qui en remplissent la capacité. Ces pots sont disposés sur les deux côtés d'un fourneau de galère, en plusieurs rangées superposées, de manière à fermer les pots inférieurs par le fond légèrement conique de ceux qui leur sont superposés. Ceux de la rangée supérieure reçoivent un couvercle.

Cette disposition offre l'inconvénient de déterminer trop souvent la casse des pots de la rangée inférieure; aussi, dans

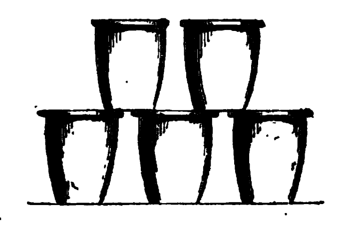


Fig. 65.

plusieurs fabriques, a-t-elle été remplacée par celle de la figure 65. Les pots de chaque rangée sont couverts par un disque

en terre réfractaire, et ceux d'une rangée supérieure reposent à la fois sur deux pots inférieurs. De cette façon, les pots inférieurs cessent d'être surchargés, et leurs parois ne se fendent plus sous le poids de la charge qui les sollicitait dans l'autre manière. On échauffe ensuite graduellement le fourneau en y allumant du combustible, le plus économique que l'on ait, afin de diminuer les frais. Les menus de houille, la tourbe, le bois, les bourrées, sont employés selon les circonstances. On porte peu à peu la température au rouge, et on la maintient en cet état jusqu'à la fin de l'opération, c'est-à-dire pendant huit heures environ. Au début, lorsque la chaleur commence à pénétrer dans les vases, les matières grasses qui ont échappé à l'action de l'eau se décomposent et fournissent des gaz très-abondants, dont la combustion exalte beaucoup la chaleur; les matières azotées se décomposent ensuite et fournissent également des produits gazeux combustibles.

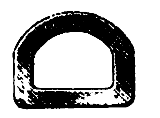
La fin de la calcination est annoncée par la cessation complète de tout dégagement gazeux.

On maintient cependant la température pendant quelque temps encore, puis on procède au *défournement*. Si le four présente des carneaux latéraux, on peut enlever les pots par ces ouvertures; mais il est plus habituel de laisser les pots se refroidir dans le four même et de ne les retirer que lorsqu'ils sont à peu près refroidis.

On sent toute l'imperfection de cette marche, qui brûle du combustible en pure perte pour chauffer les fours après chaque refroidissement, et n'offre, d'ailleurs, rien de véritablement industriel.

C'est cependant celle qui a été suivie pendant fort longtemps dans la fabrication du charbon d'os, et elle est encore employée dans quelques localités.

Celle qui devrait être généralement préférée est la calcination dans les *cylindres* ou les *cornues*, qui offre une marche beaucoup plus rationnelle, et que l'on peut rendre à peu près continue.


Fig. 66.

On dispose dans un four à réverbère deux ou plusieurs cornues en terre réfractaire, de véritables cornues à gaz, soit cylindriques, soit en ⌂ (fig. 66), d'une capacité de 500 ou 600 litres, qui sont chauffées par la combustion de la houille ou du bois. Les

os sont introduits dans ces cylindres par l'une des extrémités, qui est aussitôt fermée avec un obturateur à étrier. L'autre extrémité, également fermée pendant l'opération, s'ouvre après la calcination pour donner passage au produit, que l'on fait rapidement tomber dans des étouffoirs.

La cornue vide peut être immédiatement rechargée.

Les produits gazeux de la calcination sont perdus le plus souvent, et ils s'échappent par une ouverture pratiquée à l'un des bouts de la cornue, pour être entraînés dans la cheminée avec le courant gazeux de la combustion.

C'est là une faute industrielle; car il suffirait d'un simple ajutage pour conduire ces gaz vers une série de condensateurs où ils déposeraient leurs matières goudronneuses et leurs sels ammoniacaux. Ces produits sont très-abondants et peuvent contribuer à diminuer notablement les frais.

Les gaz incoercibles seuls doivent être envoyés dans l'atmosphère lorsqu'on ne peut s'en servir pour l'éclairage. Il vaudrait encore mieux les faire repasser dans le foyer pour en utiliser la puissance calorifique qui est très-considérable.

Trituration et blutage. — Quoi qu'il en soit, le produit calciné par l'une ou l'autre méthode est soumis à la trituration, à une véritable mouture, entre des cylindres cannelés, puis on le sépare par le blutage en *noir en grains* et en *noir fin*.

La portion trop grossière est de nouveau soumise à la mouture, puis à un second blutage. Les produits sont embarillés ou mis en sacs et livrés au commerce.

Les fabriques de noir sont rangées dans les établissements insalubres.

La ville de Paris, seule, peut fournir annuellement à cette industrie une soixantaine de millions de kilogrammes d'os frais qui proviennent des boucheries et des abattoirs, et le produit de 1,000 kilogrammes d'os se dédouble ainsi :

Graisse, 6 pour 100	....	60 kil.
Noir, 60 pour 100	noir en grains. 473 noir fin...... 125	600 kil.
Perte, 34 pour 100	....	340 kil.
		1,000 kil.

Le prix de revient des 100 kilogrammes de noir est de 10 francs environ. Le noir en grains vaut, commercialement,

de 14 à 15 francs, et le noir fin, de 7 à 8 francs les 100 kilogrammes, pris en fabrique.

Observation. — Il est à remarquer, à l'égard de la fabrication sucrière, que le *charbon animal* proprement dit, celui qui serait préparé par la calcination des chairs, débris de peaux, poils, bourres, cornes, etc., et non pas par celle des os, serait beaucoup plus décolorant que le charbon d'os, puisque la décoloration dépend de la proportion du charbon. Toute la difficulté consisterait en ce que ce charbon ne serait pas assez divisé par l'interposition de matières inertes pour exercer toute son action. C'est la seule cause qui puisse lui retirer la préférence qu'il mériterait. Le charbon de gélatine contient, selon Dœbereiner : carbone 71,7, et azote, 28,3 sur 100 parties. Le nom de charbon animal n'est qu'une extension appliquée au charbon d'os.

Bien que la plupart des fabricants achètent leur noir et ne se donnent pas la peine de le fabriquer eux-mêmes, nous sommes persuadé qu'il y aurait, pour eux, une économie notable à obtenir, en fabriquant ce produit dans une annexe de la fabrique. Cette proposition ne peut être vraie, cependant, que pour les grands établissements, qui devraient employer des quantités considérables de noir. La marche à suivre, dans ce cas, serait fort simple.

L'achat et le triage des os serait la première opération à exécuter, pour laquelle il suffirait d'un hangar.

Un concassage grossier serait suivi de l'élimination de la graisse, par l'action de l'eau bouillante, et cette élimination donnerait lieu à un premier produit, dont la valeur vénale contribuerait à abaisser le prix de revient de la matière. La calcination se ferait ensuite dans des pots, des cylindres, des cornues ou des fours spéciaux, selon les conditions de quantité à obtenir. Les produits gazeux ammoniacaux pourraient être condensés et utilisés; les gaz éclairants, incoercibles, pourraient être recueillis dans un gazomètre et servir à l'éclairage de l'usine, ou, du moins, y contribuer. Enfin, un simple moulin à noir et quelques cylindres bluteurs compléteraient l'outillage de cette fabrication.

Nous avouons que, tout en faisant taire nos préventions justifiées contre l'emploi du noir, et en renvoyant à plus tard nos

observations à ce sujet, nous pensons que les fabriques ordinaires, de petite ou de moyenne importance, feront toujours mieux de se borner à acheter le noir dont elles ont besoin et à le revivifier, plutôt que d'établir une fabrication primitive qui n'empêche en rien la nécessité de la revivification.

Au demeurant, ce ne sont pas les fours qui manquent pour ce travail; on en a imaginé de toute espèce, ce qui nous semble d'autant plus inutile que la cornue à gaz ordinaire représente la disposition la plus simple et la plus économique, et qu'on peut la trouver partout sans recourir aux spécialistes. Nous n'en décrirons donc aucun, et nous mentionnerons seulement le four Durieux comme propre à satisfaire aux exigences d'une grande fabrication.

Revivification du noir. — « Lorsque, dit M. Payen, dans la fabrication ou le raffinage du sucre, on a fait passer une certaine quantité de sirop, plus ou moins coloré, sur du noir, la propriété décolorante de ce charbon s'épuise, et si l'on n'avait trouvé un moyen économique de la lui rendre, les quantités de charbon d'os eussent été insuffisantes pour notre industrie sucrière. On parvient à rendre au noir en grains sa propriété décolorante en le débarrassant, par un lavage, de matières solubles ou délayables dans l'eau, puis le soumettant à une calcination qui carbonise les substances organiques adhérentes et met les surfaces charbonneuses à découvert. Le noir peut être revivifié de 20 à 25 fois : car la déperdition qu'il éprouve est évaluée à 4 ou 5 pour 100 dans chaque révivification. »

En partant de cette idée, exacte en fait, que, par le passage du jus, le noir a absorbé des matières organiques, de la chaux et des sels, on est arrivé à proposer différents modes de traitement, basés sur des propriétés connues du noir et sur diverses réactions chimiques. Ainsi l'on sait, par expérience, que le noir cède, à l'eau froide ou bouillante et aux lessives alcalines, une partie plus ou moins considérable des matières colorantes absorbées; on sait que les alcalis sont de bons dissolvants des substances albuminoïdes, que certains acides enlèvent la chaux en formant des sels calcaires solubles; enfin, que la calcination transforme en charbon les matières organiques qui n'ont pas été éliminées par un traitement préalable.

En réunissant à ces données le fait de la destruction des matières organiques par voie de fermentation, on a commencé par amonceler en tas le noir épuisé maintenu humide, afin de se débarrasser, en un temps plus ou moins long, de ces matières organiques. Le travail de revivification se complétait ensuite par une calcination en vase clos. Ce traitement, n'enlevant pas entièrement les substances absorbées, et donnant lieu à une diminution progressive dans la valeur et l'action du noir revivifié, il a fallu chercher une autre méthode plus active et plus complète.

On a pensé d'abord à opérer le *lavage du noir* épuisé *par l'eau* simple, froide ou chaude. Cette action, ne paraissant pas encore suffisante, on a lavé les noirs avec des *lessives alcalinées*. On a songé à éliminer la chaux absorbée par l'action de l'*acide chlorhydrique* ou de l'*acide acétique;* ces actions préliminaires ont été complétées par la calcination, par la revivification proprement dite.

Lavage du noir.— Ce lavage s'est d'abord effectué à la main, dans de simples cuviers, ou dans des machines d'une construction élémentaire. Mais bientôt, en présence des quantités énormes de noir à laver, on dut songer à employer des engins industriels, dont l'action pût suffire à un travail considérable, tout en diminuant les frais de main-d'œuvre.

Plusieurs appareils laveurs méthodiques sont employés dans les sucreries. L'un d'entre eux, que semble préférer M. Payen, consiste en une grande auge demi-cylindrique, en bois, doublée de cuivre et légèrement inclinée, dans laquelle tourne une vis d'Archimède remontant le noir, tandis que l'eau versée dans la partie la plus élevée de cette auge marche dans le sens contraire.

Plusieurs appareils laveurs méthodiques sont employés dans les sucreries. L'un d'entre eux, que semble préférer M. Payen, consiste en une grande auge demi-cylindrique, en bois, doublée de cuivre et légèrement inclinée, dans laquelle tourne une vis d'Archimède remontant le noir, tandis que l'eau, versée dans la partie la plus élevée de cette auge, marche dans le sens contraire.

La figure 67 présente une vue latérale d'un de ces laveurs et la figure 68 en offre un plan horizontal. Ces appareils sont

communément usités dans les fabriques françaises, et c'est avec raison, selon nous, car ils réunissent à une grande sim

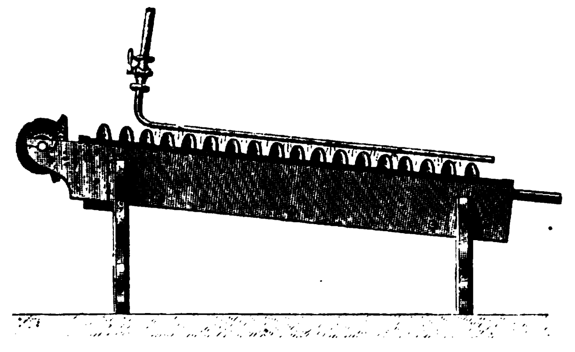


Fig. 67.

plicité, et à l'économie, une action aussi complète qu'il est nécessaire. C'est donc à cette disposition que nous conseillons

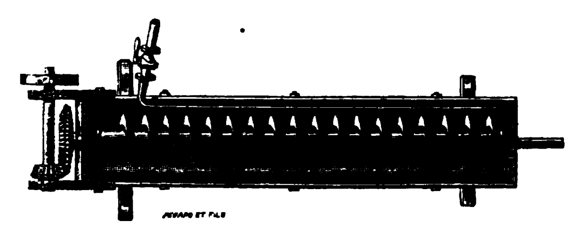


Fig. 68.

de s'en tenir et il nous semble parfaitement inutile de suivre l'Allemagne dans ses inventions à ce sujet.

Le docteur Stammer, dans un livre qui paraît avoir pour but principal la glorification des choses allemandes, nous déclare que la vis d'Archimède a été abandonnée presque partout, parce qu'*elle use beaucoup de noir*, et que « les laveurs qui, *pour le moment*, sont les plus répandus, sont celui de M. Hoffmann et celui de M. Klusemann.

Nous ferons observer, à notre tour, que cet accès de verve germanique a tout lieu de surprendre les gens réfléchis. Nous y trouvons, d'abord, une sorte de promesse d'avenir, dont nous redoutons l'exécution; mais, à côté de cette *fine intention*, nous regrettons que l'auteur n'ait pas mieux consulté le *tra-*

vail de Walkhoff, qui lui a servi de guide à peu près partout ailleurs. Il aurait pu lire dans l'ouvrage de cet écrivain recommandable que la machine de Hoffmann lave moins bien le noir en grains fins que le noir en gros grains, « qu'elle présente encore le désavantage d'entraîner avec l'eau une partie considérable du noir fin, et qu'il s'y produit une *grande usure du charbon* [1]. »

Walkhoff a parfaitement raison, et Stammer attribue à l'instrument français des défauts que la machine allemande présente à un degré beaucoup plus considérable.

Le laveur d'Hoffmann est un tambour tournant, ouvert aux deux extrémités, comme un laveur à racines; les parois sont en bois et sont garnies à l'intérieur de séries de palettes fixes, disposées en spirales. Si l'on imprime le mouvement au tambour, on comprend que le noir soit entraîné par les palettes et qu'il soit lavé, comme avec la vis d'Archimède. L'action est plus violente puisque, par celle-ci, le noir n'est que *retourné* dans le courant d'eau et *entraîné doucement* vers la sortie, tandis que, dans l'engin d'Hoffmann, qui présente un diamètre d'un mètre, le noir est soumis à une secousse brutale, à des frottements multiples, et ne peut que s'user davantage.

Si cette machine ne vaut pas la peine qu'on en fasse une description détaillée, en revanche celle de Klusemann présente une disposition ingénieuse, représentée par la figure 69 ci-dessous.

Cette machine reçoit le charbon par la trémie A, vers la partie la plus déclive; un filet d'eau arrive à l'autre extrémité par le tube à robinet *t* et se répand, de proche en proche, dans les cases successives 6, 5, 4, 3, 2, 1. Un arbre extérieur anime, d'un mouvemenr très-lent, des palettes qui ont pour fonction de prendre le noir dans une case et de le faire passer dans la case suivante, à la rencontre du courant d'eau. L'extrémité des palettes est une lame en fer, présentant une certaine flexibilité, et le noir, doucement soulevé par ces doigts artificiels, passe dans une case voisine, en ne franchissant chaque fois qu'une faible hauteur, ce qui ménage la matière tout en lui faisant subir un bon lavage.

1. Und ein starkes Abschleifen der Kohle stattfindet (*Rübenzuckerfabrikant*, p. 661).

Nous considérons l'engin de Klusemann comme un bon appareil et nous ne faisons, sur la construction, qu'une seule objec-

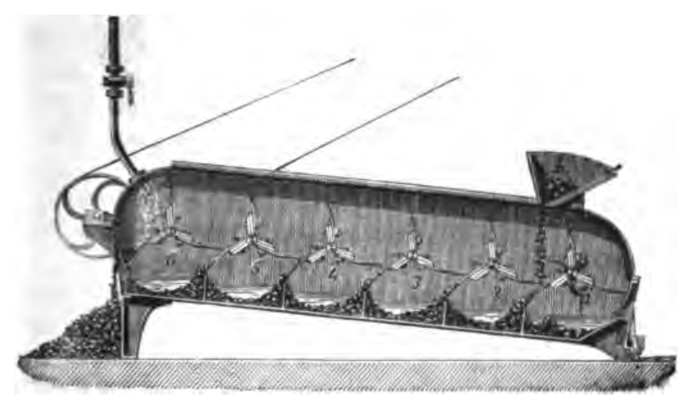


Fig. 69.

tion. Nous préférerions voir au fond des cases une forme demi-cylindrique, afin d'éviter l'inconvénient, assez notable, de laisser une partie de la matière séjourner dans les angles. On trouvera plus loin un exemple de ce dispositif dans la macération dont nous proposons l'emploi pour les cossettes de canne, de sorgho et même de betterave.

Une autre construction allemande, celle de Cönner, consiste en un demi-cylindre dans lequel se meut un tamis soumis à un mouvement de va-et-vient alternatif. Nous n'avons pas eu l'occasion de voir cette machine; mais si, d'après Walkhoff, elle ne produit que peu de perte de noir, elle consomme beaucoup d'eau et ne saurait soutenir la comparaison avec l'appareil de Klusemann.

Quoi qu'il en soit, nous préférons très-nettement la vis d'Archimède, même à la machine de Klusemann, et nous la regardons comme présentant le dispositif le plus simple, le moins coûteux et le plus parfait [1].

Nous avons voulu parler d'abord du lavage du noir à revivifier, parce que, en dehors de ce fait qu'on s'est contenté, pendant longtemps, de cette seule opération, il est nécessaire

1. Il existe encore beaucoup d'autres appareils relatifs à la fabrication de la chaux et de l'acide carbonique, et au traitement du noir. Parmi ces derniers le laveur Brissonneau mérite l'attention des fabricants.

d'y recourir après les autres traitements que l'on fait subir au noir.

On attache, avec raison, une certaine importance à la pureté de l'eau que l'on emploie au lavage des noirs, et plusieurs observateurs ont conseillé de se servir pour cet usage des eaux de condensation. Nous ne pouvons qu'applaudir à cette idée qui est d'une extrême justesse, les matières minérales des eaux communes devant toujours finir, dans un temps donné, par détruire la porosité du noir et en altérer la valeur.

Emploi de l'acide chlorhydrique pour la séparation de la chaux absorbée. — Sans nous arrêter à l'idée de Beanes, qui proposait de soumettre le noir à l'action d'un courant de gaz chlorhydrique, et dont l'application nous paraît assez difficile en industrie, nous pensons que l'élimination de la chaux doit se faire par un acide qui forme avec elle un sel soluble et qui n'enlève cependant que le moins possible des principes constituants du noir et du phosphate de chaux, en particulier.

L'emploi de l'acide chlorhydrique est rationnel, en ce sens que le chlorure de calcium qui se forme est d'une extrême solubilité et qu'un lavage ultérieur bien fait en débarrasse facilement la matière. Il n'est pas besoin d'une autre considération pour justifier cette pratique, et l'on n'a pas à recourir à une *propriété supposée* du noir, dont certains écrivains appuient leurs dires à cet égard. Selon le traducteur de Walkhoff, le noir refuserait d'absorber les chlorures, et cette inertie permet seule d'éliminer le chlorure de calcium [1]. Le noir n'absorbe pas le *chlore*, tandis qu'il retient l'*ammoniaque*, les *acides sulfhydrique* et *carbonique*, l'*azote*, l'*acide sulfureux*...

Nous nous permettons de relever ici deux erreurs de chimie et de ramener la question à ce qu'elle est, en réalité : 1° Il ne s'agit pas de confondre la solution de chlorure de calcium, ou d'un sel quelconque, avec un gaz. Toutes les solutions salines possibles sont absorbées par tous les corps poreux du monde, même par le noir d'os, en sorte qu'il retiendra très-bien une certaine quantité de chlorure de calcium, s'il n'est pas bien lavé. 2° Les expériences de Saussure démontrent que tous les

1. Ce passage n'existe pas dans le texte allemand et a dû être ajouté par l'auteur, en vue de la traduction.

gaz sont absorbés, en proportion variable, par le charbon, et les vérifications ont fait voir que cette propriété d'absorber les gaz appartient à tous les composés charbonneux aussi bien qu'au *charbon de buis*. Or, ce qui infirme absolument la prémisse que nous avons mentionnée tout à l'heure, c'est que, après le gaz ammoniac, dont l'absorption par le charbon atteint le coefficient le plus élevé ($= 90^{v}/_{1}$), c'est le gaz chlorhydrique qui est le plus facilement absorbé par le charbon. Nous avons vérifié que le chlore est absorbé par le noir d'os en proportion très-considérable...

Nous ne nous serions pas arrêté à cette futilité, si nous ne devions prémunir le lecteur contre certaines affectations scientifiques. Souvent, en effet, dans les débats de la question sucrière, pour justifier des pratiques dont le motif simple échappe à l'esprit des discoureurs, nous les entendons invoquer des motifs de chimie, des raisons de physique, dont le seul énoncé est ridicule pour ceux qui ont étudié. Avant de parler de chimie, il faudrait avoir la pudeur d'en connaître les éléments, afin de ne pas jeter à la face du public des *mots* dont on ne comprend pas le *sens*[1].

Donc, nous laissons de côté la prétendue inertie du noir à l'égard du chlore, parce qu'elle n'existe pas, et que ceux qui l'invoquent parlent de ce qu'ils ne savent pas. Nous nous en tenons, malgré tout, à la vieillerie, quand elle est bonne, et nous ne voulons pas chercher de raisons nuageuses dans les brouillards germaniques.

Il y a, pour nous, un fait; le voici : A l'imitation de ce qui se fait en laboratoire depuis une époque éloignée, c'est-à-dire, de l'épuration du charbon d'os par l'acide chlorhydrique très-étendu, pour lui enlever la chaux et les bases pouvant former des chlorures solubles, on a adopté l'acide chlorhydrique pour le lavage des noirs, *dans les fabriques françaises d'abord*, parce que cet acide ne coûtait presque rien et que les chlorures formés sont tous très-solubles dans l'eau, ce qui en rend très-commode l'élimination par simple lavage.

On s'est parfaitement contenté des deux motifs que nous ve-

1. Cette manie est une des plus nuisibles de notre époque et elle s'exerce partout, au grand détriment des honnêtes, des naïfs ou des ignorants, qui admirent ou s'étonnent sans comprendre.

nons de signaler et l'on n'a pas été chercher, outre-Rhin, des prétextes pour remplacer des raisons.

En raison même de la composition du noir, et pour ne séparer que la chaux et les alcalis absorbés, il est indispensable d'apprécier la proportion de ces matières, qui peut exister dans le noir à revivifier. Un dosage direct sur le noir ne conduirait à rien de certain, et il convient de baser cette recherche sur la teneur en chaux et en alcalis du jus, tant avant qu'après son passage sur le noir. La différence entre les deux dosages indique la proportion d'acide à employer pour le lavage d'une quantité de noir proportionnelle à un litre de jus. Nous allons expliquer cela tout à l'heure par un exemple, mais comme il convient, pour cette vérification, de se servir d'acide chlorhydrique au lieu d'acide sulfurique (t. I, p. 223), nous réunissons d'abord, dans la table suivante, les renseignements utiles pour la préparation d'une liqueur alcalimétrique basée sur l'emploi de cet acide.

Tableau indicateur de la richesse des solutions d'acide chlorhydrique pour la température de + 15°.

DEGRÉS B.	DENSITÉ.	GAZ acide pur pour 100.	ALCALINITÉ correspondante estimée en chaux caustique CaO.
25°,05	1210	42,43	33,51
24 ,05	1200	40,80	32,22
23 ,04	1190	38,38	30,30
22 ,02	1180	36,36	28,71
20 ,72	1170	34,34	27,11
19 ,91	1160	32,32	25,52
18 ,93	1150	30,30	23,92
17 ,73	1140	28,28	22,33
16 ,61	1130	26,26	20,73
15 ,47	1120	24,24	19,14
14 ,30	1110	22,22	17,54
13 ,12	1100	20,20	15,95
11 ,92	1090	18,18	14,35
10 ,88	1080	16,16	12,76
9 ,45	1070	14,14	11,16
8 ,17	1060	12,12	9,57
6 ,88	1050	10,10	7,97
5 ,55	1040	8,08	6,38
4 ,21	1030	6,06	4,78
2 ,83	1020	4,04	3,19
1 ,43	1010	2,02	1,59

Un degré de Baumé répond à un quantième d'acide de 1,40794 0/0, et une augmentation de 1 gramme dans le poids du litre d'une dissolution d'acide chlorhydrique correspond à 0,202 d'acide 0/0 : une solution d'acide chlorhydrique, à 1 0/0 de richesse acide, marque 0°,71 B, et elle présente une densité de 1004,95, saturant 0,7897 de chaux vive CaO, ou dissolvant 1,41 de carbonate de chaux pur. A l'aide de ces données, il devient facile d'apprécier la valeur d'une solution quelconque d'acide chlorhydrique.

Soit donc notre solution à 1,050 de densité.

Elle renferme, sur 100 grammes, 10gr,10 d'acide réel, et ces 100 grammes peuvent neutraliser 7gr,97 de chaux pure anhydre. Nous en prenons 100 grammes et nous y ajoutons assez d'eau distillée pour porter le volume à un litre. Un centimètre cube de cette solution décime contient 0 gramme 10 milligrammes 1 d'acide HCl, et peut saturer 7 milligrammes 97 de chaux.

Si nous mettons dans un vase 100 centimètres cubes de jus saturé, non traité par le noir et coloré par la teinture de tournesol, nous trouvons, par exemple, qu'il faut y verser 50 centimètres cubes de liqueur acide décime pour obtenir la neutralisation. En opérant ensuite sur 100 centimètres cubes du même jus, après son passage sur le noir, nous trouvons qu'il suffit de 25 centimètres cubes pour produire la neutralisation. Nous en concluons :

1° Que le noir a absorbé la moitié de l'alcalinité du jus;

2° Qu'il faudra employer une quantité de liqueur égale à $50 - 25 = 25$ centimètres cubes, pour enlever les alcalis et la chaux laissés dans cette matière par un décilitre de jus.

Or, les 25 centimètres cubes de la liqueur d'essai représentent 2gr,5 de solution acide à 1050 de densité; il en faudrait donc 25 grammes pour traiter le noir correspondant à 1 litre de jus, ou 2k,500 pour le noir répondant à 1000 litres.

Cette quantité d'acide étendu, contenant 10,10 0/0 d'acide réel, soit 252gr,5, représente 752gr,2 d'acide du commerce à 22° B ou à 1080 de densité.

On comprend que, si l'on doit tenir compte du jus qui a passé sur le noir à traiter, il convient également de s'assurer, par des essais, exécutés de temps en temps, de la constance de l'absorption. On pourrait faire trois essais sur les jus sortant du filtre, un au début du travail de ce filtre, un au milieu et

l'autre à la fin. La moyenne donnerait une indication satisfaisante.

On suit différents procédés pour aciduler le noir ou pour neutraliser la chaux et les alcalis qu'il renferme.

Les uns le jettent simplement dans des cuviers et font agir sur la masse une dissolution d'acide chlorhydrique, entre 6° × 7° B, que l'on fait repasser à plusieurs reprises sur la matière, afin d'obtenir une neutralisation aussi exacte que possible. Après un intervalle de temps variable, qui peut se prolonger entre cinq à six heures ou autant de jours, le noir est lavé à l'eau jusqu'à ce que les eaux de lavage n'accusent plus d'acide; puis on envoie le noir à la calcination.

D'autres préfèrent pratiquer l'acidulation du noir dans les filtres mêmes, par la raison que le traitement en cuves fait subir au noir plusieurs manipulations, et que la main-d'œuvre et les pertes de matière augmentent sensiblement le chiffre de la dépense. Ce raisonnement qui est, en particulier, celui de Walkhoff, nous paraît digne de considération. Nous redoutons, cependant, les conséquences d'une telle opération, faite avec négligence, car il se peut faire que, à la suite d'un lavage insignifiant, il reste de l'acide chlorhydrique dans les tubes et les faux fonds, dans les interstices du noir et dans la substance même des grains, ce qui conduirait à une destruction de sucre correspondante. Il est évident, en outre, que la matière même des filtres devrait être modifiée, et qu'on ne pourrait se servir d'enveloppes attaquables par l'acide.

En dehors de ces petites objections, voici la manière d'opérer dans ce cas. Après avoir lavé le noir pour lui enlever le jus sucré qu'il peut contenir, après l'avoir *dégraissé* par un passage d'eau froide ou chaude suffisamment prolongé, on verse sur le noir la quantité d'acide dilué, à 6° ou 7° B, que l'on a déterminée à l'avance. La liqueur acide descend de haut en bas, en agissant progressivement et successivement, sur les diverses couches, et en chassant devant elle la masse d'eau du filtre, dont on règle l'écoulement par le moyen du robinet de vidange. Des lavages réitérés à l'eau chaude, puis à l'eau froide, complètent cette opération, qui peut être terminée en quatre heures.

Si l'on trouve, dans cette manière de faire, l'avantage d'éviter au moins deux manipulations et celui de pouvoir agir méthodiquement sur les diverses couches du filtre, qui ne renferment

pas une proportion égale de chaux, les couches supérieures ayant absorbé une plus forte quantité d'alcali, il n'en est pas moins vrai qu'elle exige tout d'abord une modification dans la construction même des filtres, que l'on doit rendre inattaquables à l'acide et, de plus, que l'on est exposé à laisser de l'acide dans la matière. Il est donc absolument indispensable de calciner ensuite le noir lavé à l'acide, et nous ne croyons pas que l'on puisse se contenter de l'épuration par l'eau, suivie d'un traitement à l'acide, pour la revivification du noir, bien que l'affirmation ait été soutenue à cet égard.

Il est à peine nécessaire de dire que l'on doit se servir de l'acide le moins impur que l'on pourra se procurer dans le commerce et ne renfermant qu'un minimum d'acide sulfurique entraîné, etc.

Observations. — Nous avons dit que l'acidulation ne doit enlever que le moins possible des principes constituants du noir. C'est précisément en ce point si délicat que repose la difficulté de l'emploi des acides. Tous les acides, même les plus faibles, dissolvent le phosphate de chaux des os. Presque tous les acides décomposent le carbonate de chaux... Or, l'acide chlorhydrique et l'acide acétique, l'acide lactique, etc., dissolvent très-facilement le phosphate de chaux insoluble et décomposent le carbonate calcaire. On est en droit de demander quelle est la limite à laquelle il conviendra de s'arrêter dans l'action de ces acides.

Nous avons vu (p. 157) que le noir d'os renferme 76,257 de phosphate de chaux et 8,487 de carbonate sur 100 parties pondérales.

Il convient donc de laisser au noir, autant que possible, cette composition normale, et il est clair que le dosage de l'acide doit être fait de manière à lui laisser tout son phosphate et environ 8 à 9 de carbonate calcaire, p. 100.

L'essai des jus avant et après l'action du noir fournit le moyen pratique le plus simple d'apprécier ce qu'on doit faire.

Emploi de l'acide acétique pour la séparation de la chaux absorbée. — L'acide acétique forme, avec la chaux, un acétate très-soluble, que les lavages peuvent éliminer très-facilement. D'autre part, cet acide ne détruit pas le sucre, et le danger

d'inversion n'existe pas à la suite de son emploi, lorsqu'il ne contient pas d'acides étrangers. On peut donc substituer à l'acide chlorhydrique l'acide acétique faible, ou le vinaigre, que l'on produit très-aisément par la fermentation complète des moûts de mélasses [1]. Nous trouvons dans l'action de l'acide acétique faible un autre avantage très-considérable, en ce sens qu'il n'agit que difficilement et après un temps assez long sur le phosphate de chaux du noir, tandis que l'action de l'acide chlorhydrique est beaucoup plus rapide. Nous serions donc porté à employer de préférence le vinaigre préparé dans la fabrique même, pour les raisons qui précèdent et, ensuite, parce que cette marche permettrait d'utiliser avantageusement une partie de la mélasse, dans les pays où l'acide chlorhydrique atteint un prix élevé. Mais, à côté de ces raisons, il existe des inconvénients très-notables que nous nous faisons un devoir de signaler au lecteur.

Nous passerons sous silence quelques moyens puérils qui ont encore été proposés pour l'élimination de la chaux, et nous renvoyons à une note complémentaire le résumé de nos propres expériences sur l'emploi du biphosphate de chaux dans un mode particulier de traitement du noir, afin de raisonner seulement l'emploi de l'acide acétique.

La question est résolue en faveur de cet acide lorsqu'on l'obtient isolé des matières étrangères. Nous en dirons autant de l'acide lactique qui se forme dans la fermentation, à la suite de certaines dégénérescences, et ces deux acides, *isolés*, présentent certainement plus d'avantages que l'acide chlorhydrique pour l'élimination du noir. Mais ce cas n'est pas celui de la pratique, et c'est celui-ci qu'il importe de considérer.

Ou bien on prépare du vinaigre avec de la mélasse, par une bonne fermentation alcoolique suivie d'une bonne acétification du vin produit; ou bien on mélange avec le noir de la mélasse étendue, à une densité variable de 1,060 à 1,090, et la fermentation parcourt ses phases dans la masse. Dans les deux cas, il convient d'aciduler la mélasse même, puisque les alcalis qu'elle renferme (9 à 10 p. 100 environ) produiraient une influence nuisible sur le résultat en s'opposant à la régularité de la fer-

1. V. notre *Guide du fabricant d'alcools et du distillateur*, t. III. Paris. 1872.

mentation; mais il n'en reste pas moins un fait, c'est que si l'on emploie le vinaigre brut produit avec la mélasse, ou la mélasse elle-même, on introduit dans le noir une quantité proportionnelle d'alcalis, de matières azotées et d'autres substances qui font partie de cette mélasse.

Il en résulte que, si l'on enlève la chaux en excès, on diminue la valeur réelle du noir en lui faisant absorber d'autres matières qui l'altèrent et en changent la composition d'une manière désavantageuse.

La conséquence pratique à tirer de ceci est que l'addition de vinaigre de mélasse ou de vin, ou de mélasse, au noir, ne présente pas le même intérêt que l'emploi de l'acide acétique affaibli.

Il n'existe qu'un moyen pratique d'obtenir les résultats utiles que nous avons signalés, et il consiste à faire subir à la mélasse une bonne fermentation alcoolique et à ajouter au noir une certaine quantité de phlegmes à 10 p. 100. Dans cette marche, on n'introduit pas d'éléments nuisibles dans la matière ; l'acétification de l'alcool se fait rapidement dans la masse, à raison de la porosité du noir et de la présence des matières azotées qu'il contient, si la température n'est pas inférieure à $+35°$.

Rien ne serait, d'ailleurs, si facile, que d'introduire le noir même dans des *cuves de graduation* et d'y faire passer l'alcool faible qui se convertirait en vinaigre et dissoudrait la chaux. Un lavage et la calcination ultérieure compléteraient le traitement.

Il y a cependant ici un calcul de frais à faire.

Un équivalent d'alcool $C^4H^4.2HO$ ($=575$) se convertit en un équivalent d'acide acétique $C^4H^3O^3.HO$ ($=750$), sans tenir compte de la perte due à l'évaporation qui est, au moins, de 10 p. 100, ce qui réduit la proportion pratique à 675 d'acide acétique obtenu. Or, l'équivalent d'alcool 575 n'est obtenu que par la transformation d'un demi-équivalent de sucre, ce qui répond, en moyenne, à $2137^k,5$ de mélasse à 50 p. 100 en tout sucre. Mais, en pratique, ce résultat doit être diminué de 5/33, en sorte que $2137^k,5$ de mélasse ne fournissent que $575-87,10 = 487^k,90$ ou $585^l,48$ d'alcool au plus.

Les $2137^k,5$ de mélasse ne fourniront donc, par la meilleure pratique, que $487^k,90$ d'alcool, et cette quantité répond, en

bonne pratique, à 572k,7 d'acide acétique, en sorte qu'il faut 3k,732 de mélasse pour produire, en fin de compte, 1 kilogramme d'acide acétique.

On connaîtra le prix de revient de l'acide acétique en additionnant la valeur vénale de la mélasse, calculée sur cette base. avec les frais de fermentation et de distillation, qui présentent des variations très-considérables, selon la contrée où l'on opère, la valeur de la main-d'œuvre et du combustible et les frais résultant de la distillation et de l'acétification, sur lesquels des généralités sont impossibles à établir.

D'un autre côté, 1k,645 d'acide acétique présente la même action que 1 kilogramme d'acide chlorhydrique gazeux pur, et il s'ensuit que, pour produire le résultat qu'on obtient avec 100 kilogrammes d'acide chlorhydrique à 1080 (22°02 B.), il faudrait 59k,812 d'acide acétique pur. En d'autres termes, pour obtenir le même effet que par 100 kilogrammes d'acide chlorhydrique à 1080, il faudrait acidifier l'alcool produit pratiquement par 223k,22 de bonne mélasse à 50 p. 100.

A l'aide des éléments précédents, il devient facile aux fabricants de se rendre compte de la situation qui leur est faite dans chacune des deux manières de procéder.

Traitement du noir par fermentation. — Sous l'influence simultanée de l'eau, de l'air et d'une température suffisante, les matières organiques s'altèrent et il se produit un travail de simplification qui tend à les faire rentrer sous l'action des lois générales. Or, le noir contient du sucre, des matières azotées très-altérables, des ferments et d'autres substances de nature variable que l'on peut détruire par *fermentation*, et l'idée de séparer ces matières étrangères en les détruisant de cette façon est une des plus simples, une de celles qui devaient se présenter des premières à l'esprit.

On pratique la fermentation du noir de deux manières différentes. Ou bien on immerge le noir dans de l'eau tiède à + 30° ou + 35°, ou bien on abandonne le noir humide, en tas, à l'action de l'air. On donne au premier procédé le nom de *fermentation humide*, au second, le nom de *fermentation sèche*. Malgré l'absurdité de cette dernière expression, au point de vue scientifique, nous la conservons, sous toutes réserves, comme elle est usitée en pratique.

Dans l'exécution de la *fermentation humide*, si l'on veut procéder avec certitude, il convient de placer le noir dans des cuviers, sur faux fonds garnis de claies en osier, et de recouvrir la masse d'eau tiède à + 35°. On abandonne le tout pendant 48 heures. Au bout de ce temps, on commence à observer un dégagement assez abondant de gaz fétides, qui se continue pendant 6 à 8 jours.

On a soin de renouveler l'eau, en la remplaçant par le haut à mesure qu'on en fait couler par le bas une quantité égale. La température de l'eau de remplacement doit être la même que celle de l'eau des cuves. L'opération est finie lorsque le dégagement gazeux a cessé et que l'odeur nauséabonde a disparu.

On a essayé quelques moyens d'activer la destruction des matières qu'il s'agit d'éliminer en excitant la fermentation qui s'opère dans la masse. Ainsi, quelques praticiens ajoutent à l'eau des matières facilement décomposables ou en voie d'altération, telles que des *eaux sûres* d'amidonnerie, des vinasses, du sang, etc. Toutes ces additions ne nous semblent pas présenter un caractère d'utilité bien constaté, et nous préférerions nous en tenir tout simplement à l'action de l'eau tiède, suffisamment prolongée, et suivie par un lavage alcalin et un lavage à l'eau.

En ce qui touche le côté théorique de la fermentation, nos lecteurs voudront bien se reporter à nos publications sur cette matière, qui a donné lieu à des discussions interminables. Nous ne pouvons partager l'opinion des Allemands à ce sujet, et il nous est difficile de ne voir dans ces faits que des phénomènes d'oxydation. Nous sommes très-loin de nier l'influence de l'oxygène sur les réactions qui interviennent, puisque nous considérons la présence de l'air comme indispensable, mais il nous semble plus convenable et moins prétentieux de se borner à observer des réactions, plutôt que d'en courber l'explication théorique dans le sens d'idées préconçues.

Il y a l'action du ferment, dont l'existence n'est pas contestable; cette action s'exerce sur les matières azotées seules lorsqu'il n'y a pas de sucre en présence, et les produits de cette action sortent nécessairement du groupement alcoolique. Mais s'il y a du sucre dans le noir ou si l'on en ajoute, l'action est plus rapide, parce que le ferment produit ses actions ordinaires.

qu'il se multiplie aux dépens des matières azotées et que la destruction de ces matières est d'autant plus rapide que cette multiplication a été plus favorisée.

Les infusoires sont un des résultats de ce travail; ils n'en sont pas la cause, bien qu'ils le favorisent lorsqu'ils existent...

Lorsque l'on veut procéder par la *fermentation* dite *sèche*, on dispose le noir *humide* en tas de 0,50 à 0,60 de hauteur sur des claies qui laissent pénétrer l'air dans la masse et permettent à l'acide carbonique et aux autres produits gazeux de se séparer facilement. La température du local doit être réglée à + 35° environ et, après quelques jours, elle s'élève jusqu'à +50°, ou au delà, dans l'intérieur de la masse. Il est nécessaire de remuer un peu les surfaces, de temps en temps, de façon à obtenir la putréfaction des matières qui se trouvent dans les couches extérieures et qui ont besoin d'être mélangées avec le reste de la matière. Sans cette précaution, elles échapperaient à la réaction. Ce mode de fermentation demande 15 à 20 jours, pour que le noir ait perdu toute trace de fétidité et que l'opération soit terminée. Il est clair, d'après cela, que la fermentation humide est préférable à tous les points de vue. Elle exige un approvisionnement moindre en noir, moins de locaux, moins de main-d'œuvre, par la seule raison qu'elle dure moins de temps. Nos observations personnelles nous permettent d'ajouter qu'elle est plus complète, ce qui est à joindre aux considérations qui précèdent, et doit suffire pour guider le choix des praticiens.

Traitement du noir par les alcalis. — En prenant pour points de départ ces données, que les alcalis dissolvent les matières azotées et les substances colorantes, ce qui ressort de l'expérience, on est porté à croire que le meilleur moyen à employer, pour enlever au noir les substances dont nous venons de parler, consisterait à le traiter par des lessives alcalines bouillantes, à le laver ensuite à l'acide, puis à l'eau, et à le soumettre à la calcination. Malgré les expériences de M. Bussy et les dires de M. Pelouze, nous ne partageons pas l'opinion de ceux qui préconisent cette méthode de traitement. Nous trouvons, avec tous les expérimentateurs, que la dépense élevée qui en résulte n'est pas compensée par des avantages suffisants, à moins qu'on ne soit placé dans des circonstances exceptionnelles.

L'emploi du carbonate de soude, en dissolution bouillante, nous semble plus rationnel, dans le but d'éliminer le sulfate de chaux, ou, plutôt, de le transformer en carbonate, séparable par l'acide chlorhydrique ou l'acide acétique. De nos expériences, il résulte que l'ébullition du noir, avec une dissolution faible de sucrate de chaux, détruit les matières azotées de cette matière d'une manière aussi rapide qu'économique, et que ce procédé permet de recueillir l'ammoniaque qui se dégage de la réaction[1].

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps à ces différentes méthodes de traitement du noir, sinon pour insister sur ce point, qu'un lavage énergique à l'eau bouillante, puis à l'eau froide, nous paraît être de toute nécessité après l'acidulation, la fermentation ou un traitement alcalin, avant de procéder à la *calcination*, dont le but est de détruire les substances organiques qui auraient résisté aux manipulations précédentes.

Nous n'insistons pas non plus sur l'ordre à suivre dans les opérations que l'on fait subir au noir; cependant, la marche qui nous semble la plus rationnelle peut se traduire par le groupement suivant :

Dégraissage, lavage à l'eau, fermentation ou traitement alcalin, lavage, traitement à l'acide, calcination. On sent, d'ailleurs, que l'ordre à suivre dépend nécessairement de la méthode principale à laquelle on juge à propos de s'arrêter.

Calcination du noir. — Les opérations dont nous venons de parler forment le travail préliminaire de la revivification du noir, que l'on termine par une *dessiccation complète* avant de soumettre la matière à la calcination.

Cette dessiccation peut s'opérer à la vapeur; mais on la pratique, le plus souvent, en utilisant les chaleurs perdues des carneaux ou celles mêmes des fours à revivifier.

On sent tous les inconvénients qui résultent d'une dessiccation mal faite, brutalement conduite, dans laquelle le mouvement violent de la pelle, employée pour retourner la matière, brise les angles du noir, en réduit en poussière une certaine proportion et augmente le chiffre de la perte.

On verra, plus loin, quelle disposition Walkhoff avait établie

1. V. les *Notes justificatives*.

pour opérer la dessiccation du noir d'une façon continue. Cette machine, d'ailleurs fort ingénieuse, n'a été imaginée que pour obvier à l'inconvénient du mouvage à la pelle, que l'on est obligé de pratiquer fréquemment, lorsqu'on opère la dessiccation sur des soles ou des surfaces planes, et nous ne pensons pas qu'elle ait été adoptée par la pratique industrielle.

« Les fours employés pour la fabrication du noir d'os pourraient servir à la revivification; mais la forme granuleuse une fois acquise, il est avantageux d'en profiter pour employer des appareils à calcination continue dont les effets sont plus avantageux sous les rapports de l'économie du combustible, de la main-d'œuvre et de la régularité de la calcination; la revivification exige d'ailleurs une température moins élevée que la fabrication du noir. Les principaux appareils employés pour la revivification sont formés de tuyaux en maçonnerie de brique interposés entre les cheminées de foyers situés au bas du four; les tuyaux peuvent être en fonte enduite de terre et juxtaposés, comme dans les appareils de M. Crespel-Dellisse, indiqués ci-dessous. Dans ces deux fours, le noir est chargé par la partie supérieure et s'écoule par le bas des tubes; la vidange s'opère à volonté au moyen d'un registre, et le noir est reçu dans des étouffoirs où il peut se refroidir sans contact avec l'air.

« On trouve de l'avantage à faire écouler le noir d'une manière intermittente, de façon à le laisser en contact pendant vingt-cinq ou trente minutes avec les parois chauffées au rouge, c'est-à-dire dans un espace de 1 à 2 mètres au-dessus du foyer.

« Souvent le noir revivifié est moins décolorant que le noir neuf : cela tient à une certaine quantité d'un charbon brillant, non poreux, formé à la surface des grains. Ce charbon provient des matières organiques retenues par le noir pendant la filtration, et qui laissent, en se carbonisant, cette sorte d'incrustation brillante.

« M. Kuhlmann a imaginé un moyen d'éliminer ce vernis charbonneux : il consiste à soumettre le noir revivifié à un frottement léger entre deux meules horizontales, assez écartées pour éviter le broyage des grains; par cet ingénieux procédé, il fait subir à ceux-ci une espèce de décortication qui remet à nu le charbon d'os; la folle farine provenant de cette décor-

tication est appliquée à la confection de l'engrais dit *noir animalisé*.

« Dans les deux systèmes de fours coulants, en fonte ou en maçonnerie, il faut de 1,000 à 1,200 kilogrammes de houille coûtant de 15 à 30 francs, pour calciner au point convenable 5,000 kilogrammes de noir, la main-d'œuvre coûtant en moyenne 10 francs; on voit que 5,000 kilogrammes de noir revivifié reviennent, suivant le prix de la houille, de 25 à 40 francs, ou que 100 kilogrammes coûtent de 50 à 80 centimes. » (A. Payen.)

Voici maintenant (fig. 70 et 72) la description des appareils de M. Crespel-Delisse. Nous avons vu fonctionner ce système, dont les fabricants n'avaient, disaient-ils, qu'à se louer.

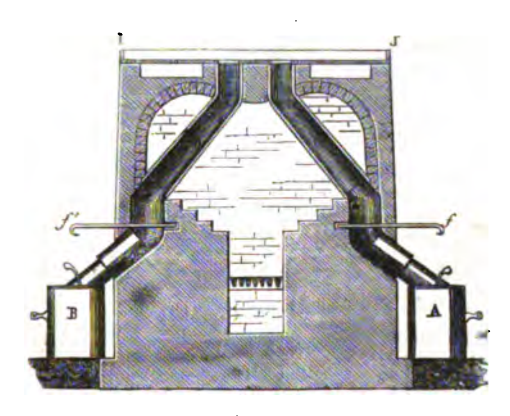


Fig. 70.

La figure 70 représente la coupe du four. Au sommet en IJ est un espace quadrangulaire où l'on étend le noir lavé pour le faire sécher. Dans ce but, l'air chaud du foyer pénètre et circule par des carneaux dans des espaces libres ménagés sous la tôle qui sert de plancher à la plate-forme IJ. Les tuyaux C et D reçoivent le noir à revivifier par leur ouverture supérieure, et le registre *f* sert à retenir ce noir au contact avec la chaleur et à le faire couler dans les étouffoirs AB après la calcination.

La figure 71 indique le plan supérieur du four; IJ est la plate-forme en tôle au-dessus des carneaux pour recevoir le noir lavé qui y subit la dessiccation avant d'être introduit

dans les tuyaux de calcination; les lettres CD indiquent le plan vertical dans lequel se trouvent les tuyaux; AB sont les étouf-

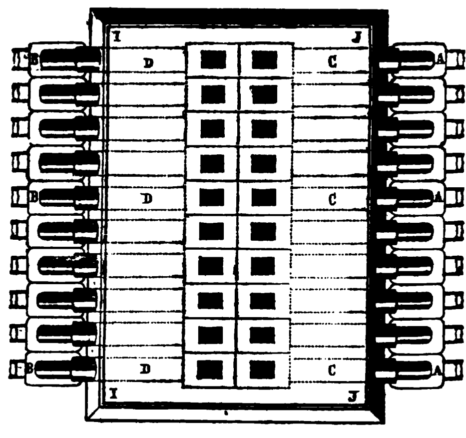


Fig. 71.

foirs, et le dessin indique en noir les orifices supérieurs des tuyaux par lesquels on introduit le noir séché.

Le four étant graduellement échauffé et les registres *ff* fermés, on introduit du noir sec dans les vingt tuyaux, dont on ferme l'ouverture par un couvercle en tôle. Au bout de vingt-cinq minutes, on ouvre les registres et l'on reçoit le noir calciné dans les étouffoirs que l'on ferme aussitôt. Les registres étant refermés, on remplit de nouveau les tuyaux avec du noir sec; lorsque cette seconde calcination approche de son terme, les étouffoirs sont vidés dans une citerne en briques et prêts à servir de nouveau.

On fait 48 charges en vingt-quatre heures.

Le noir revivifié et refroidi est bluté avec soin pour le séparer de la poussière ou folle farine, que l'on peut employer pour la fabrication des engrais, ou pour le traitement des écumes de défécation, etc.

On a imaginé des dispositifs nombreux pour opérer la revivification du noir. Toutes ces installations reposent sur des bases analogues et ne diffèrent guère que par des détails. Nous ne pouvons entrer dans le détail de la description de tous ces appareils, et nous devons nous borner à donner quelques indications sur les plus importants et les plus usités.

Nous considérons encore le four Blaise comme celui dont les dispositions sont les plus simples et dont les résultats laissent le moins à désirer.

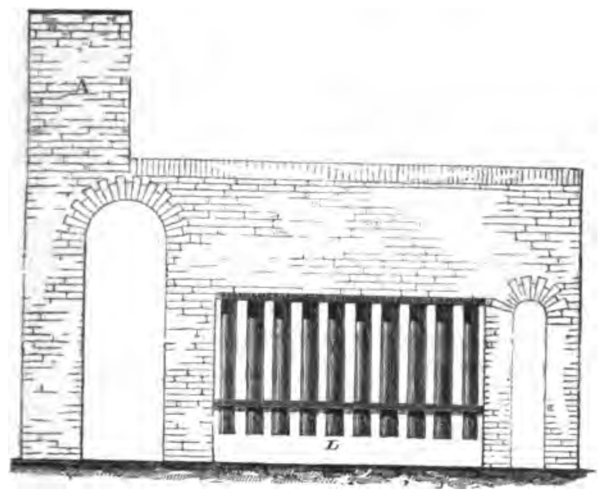


Fig. 72.

La figure 72 ci-dessus représente une vue latérale de ce four, dont nous donnons la description d'après des éléments provenant de l'inventeur lui-même. Une coupe verticale (fig. 73) fait comprendre le trajet des gaz chauds. Une coupe par le centre de A est fournie par la figure 74, et la figure 75 donne une section verticale dans la direction des séries de tubes.

Le four Blaise est composé d'un certain nombre de parties essentielles : le séchoir, la plate-forme de distribution, les tubes de revivification et de refroidissement, et des tiroirs régulateurs. Ces derniers ne sont pas reproduits dans nos dessins, mais il est très-facile de suppléer à cette lacune. Ces tiroirs à registres sont disposés en L (fig. 72) et sont ajustés à la boîte en fonte qui supporte la partie inférieure des tubes. Chaque tiroir, correspondant à un rang de tubes, est servi par une tirette, percée d'autant de trous qu'il y a de tubes à la rangée. On conçoit que si l'on fait fonctionner ce registre, de manière à en faire coïncider l'ouverture avec celle des tubes correspondants, le noir, qui est dans la partie inférieure des tuyaux, s'écoule dans le tiroir par les ouvertures correspondantes. Il suffit de repousser

le registre pour que les ouvertures de ce registre et des tubes cessent de coïncider, et que la partie inférieure des tubes soit fermée.

Ce dispositif est d'une extrême simplicité et il satisfait à tous les besoins, beaucoup plus sûrement que les agencements fort coûteux et à grand fracas dont on a recommandé l'adoption. Nous ne prétendons pas dire que les autres dispositions sont mauvaises et doivent être rejetées, tant s'en faut; mais nous disons que ces tiroirs à registres, du four Blaise, sont très-économiques et accomplissent régulièrement le travail dans les conditions cherchées.

Ici, le but est d'opérer la vidange périodique du noir calciné sans permettre à l'air de s'introduire dans les tubes, afin d'éviter l'incinération d'une partie du noir. Or, le registre reste fermé pendant qu'on retire le tiroir correspondant pour en extraire le noir revivifié; le tiroir, à son tour, est fermé pendant qu'on ouvre le registre, et il n'y a pas un seul moment de l'opération où l'air puisse pénétrer dans l'intérieur des tubes de calcination. On peut, sans doute, parvenir au même résultat par d'autres dispositions; mais, celle qui a été adoptée pour le four Blaise nous a toujours frappé par la simplicité et l'économie qui en résultent.

Si nous insistons sur ce point, c'est que nous nous souvenons des éloges qui ont accueilli ce four, à une époque où certains concurrents de l'inventeur n'en avaient pas encore *copié* les agencements, et nous tenons à faire voir que les améliorations prétendues, que l'on dit avoir faites depuis, n'existent que dans l'imagination des constructeurs, au moins pour le plus grand nombre.

L'utilisation du combustible est obtenue, dans la construction Blaise, d'une manière irréprochable et conforme aux principes technologiques les mieux définis.

Du foyer B (fig. 73), les gaz chauds et les produits de la combustion circulent autour des tubes à revivification dans deux séries de carneaux CC, en commençant par la série la plus élevée, puis par la série inférieure, avant de se rendre en D, et, de là, en E, où le reste du calorique est employé à dessécher le noir humide sortant du laveur. Cette disposition est rationnelle, et le résultat, qu'on devait prévoir, en est que la chaleur est utilisée à peu près en totalité, puisque, après une circula-

tion aussi longue que possible autour des tubes, en appliquant la plus forte chaleur à la portion qui renferme le noir nouvellement entré dans les tubes, la dessiccation du noir humide absorbe la plus grande partie du calorique conservé par le

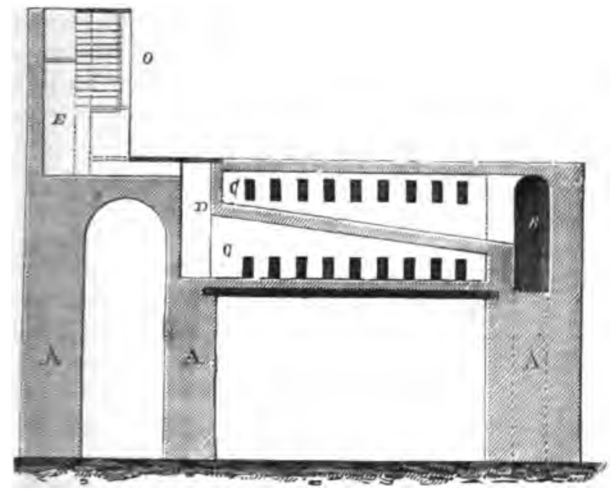


Fig. 73.

courant gazeux. En effet, le conduit intérieur de la cheminée est interrompu au-dessus de E, et les gaz, venant du four, sont forcés de circuler dans des tubes horizontaux en fonte, qui occupent toute la partie antérieure du bâti A (fig. 72), et remplissent une caisse M dont la figure 74 indique la coupe transversale.

Lorsque les gaz ont passé dans la moitié inférieure des tubes qui sont entourés du noir le moins humide, ils rejoignent la cheminée au-dessus du diaphragme de séparation par les tubes supérieurs sur lesquels se trouve le noir le moins sec.

Tout est ordonné, sans prétention inutile, pour atteindre le but économique et, pour cette raison, nous avions déjà fait exception à la règle que nous nous étions imposée, en parlant du four Blaise dans notre première édition. Nous sommes loin de le regretter aujourd'hui, car nous avons acquis la certitude de la valeur pratique des moyens simples, et nous n'avons encore rien vu qui soit plus parfait que ce dispositif.

On prend le noir à la sortie du laveur, on le jette dans le séchoir

M par le haut, qui s'ouvre à volonté et, à mesure que l'on en extrait une portion desséchée, on en introduit une nouvelle quantité sur ce séchoir véritablement économique. Cette extrac-

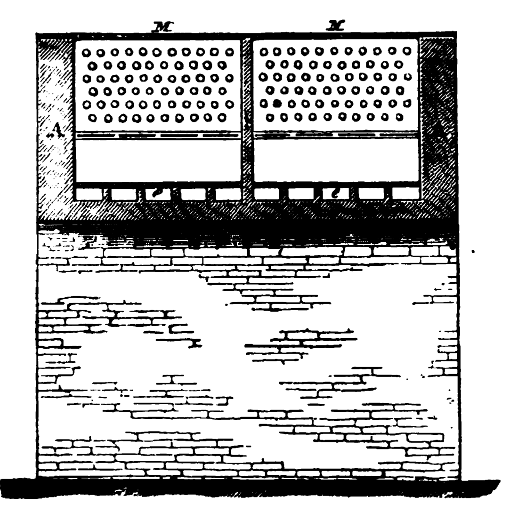


Fig. 74.

tion s'opère par des portes que l'on ouvre du côté de la plate-forme du four, et qui permettent de faire tomber le noir séché sur cette plâte-forme.

Nous décrivons maintenant la disposition des tubes et l'exécution du travail en empruntant les termes mêmes du brevet Blaise.

« Les mêmes lettres indiquent dans toutes les figures les mêmes objets.

« A, massif du four. B, foyer. CC', double série de carneaux forçant la flamme à faire un double parcours autour de la partie supérieure I' des tubes II' qui contiennent le noir à revivifier. La flamme et l'air chaud, après avoir parcouru CC', arrivent en D et passent en E' par les conduits EE', puis circulent en retour dans les tubes en tôle ou fonte OO de la boîte M, et s'échappent dans la cheminée d'appel. O'O' sont les portes en tôle de la boîte ou trémie M. II' sont des tubes en terre réfractaire placés verticalement; ils sont en deux parties I et I' (fig. 75) sur la hauteur, reliées par des manchons carrés, à trou rond, du diamètre extérieur des tubes. Les manchons, qui sont

aussi en terre réfractaire, ont la dimension exacte du vide qui existe entre les tubes, et ils forment, par leur réunion, une sorte de plancher de séparation; ils maintiennent les tubes dans leur position verticale et donnent une grande facilité pour changer les tubes qui seraient détériorés.

« Les tubes sont terminés, à la partie supérieure, par des manchons semblables, et posent à leur partie inférieure sur une plaque de fonte percée d'autant de trous qu'il y a de tubes... Le nombre des tubes peut être diminué ou augmenté suivant l'importance du four. Ces tubes portent 0m,140 de diamètre et 1m,40 de longueur; mais ces dimensions n'ont rien d'absolu et peuvent être modifiées suivant les circonstances. La partie supérieure I' des tubes reçoit seule l'action du feu.

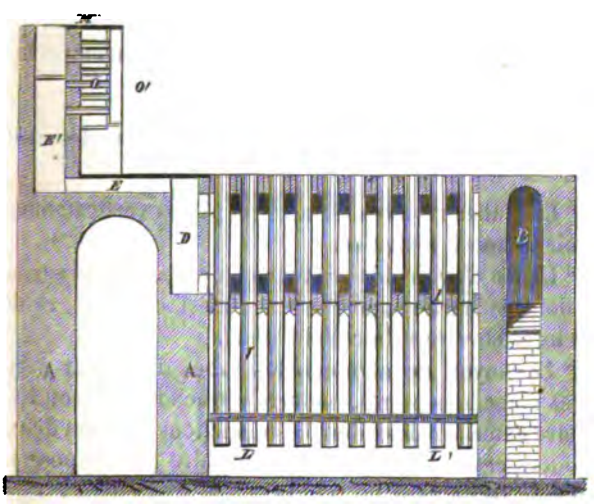


Fig. 75.

« Le noir à revivifier est d'abord jeté dans la boite M (fig. 74 et 75) par sa partie supérieure. Il s'y sèche par son contact avec les tuyaux OO d'air chaud. Lorsqu'il est sec, on ouvre les portes O'O'. Il tombe au pied de la boite M sur des plaques en fonte qui recouvrent les conduits DE; l'ouvrier l'étend sur le plancher formé par les manchons supérieurs, et il tombe naturellement dans les tubes II', lesquels, étant chauffés convenablement, opèrent la revivification.

« Le noir arrive peu à peu dans la partie inférieure I' des

tubes, laquelle n'est point exposée à l'action du feu. Il s'y refroidit sans être en contact avec l'air, et il arrive dans les boîtes à registre L (fig. 72), d'où on le retire, à mesure qu'une nouvelle couche est étendue sur le plancher supérieur.

« On voit que, par ces dispositions, l'opération est continue et facile à suivre, que le noir se refroidit sans être en contact avec l'air, et que la chaleur qui serait perdue est utilisée à sécher préalablement le noir à revivifier.

« De plus, ajoute l'inventeur, je mêle au noir à revivifier des os qui servent à la fabrication du noir neuf dans une proportion que l'expérience déterminera. La cuisson de ces os, au milieu du noir vieux, donne beaucoup de qualité à ce dernier et, de plus, le fabricant peut, par ce moyen, se rendre compte, après l'opération, si la conduite du feu a été faite dans de bonnes conditions, le four étant disposé de façon que les os, qui sont toujours plus encombrants que le noir vieux, n'empêchent pas celui-ci de descendre régulièrement. »

En résumé, l'objet du brevet Blaise repose sur les chefs suivants :

« 1° Les tubes en terre réfractaire, placés verticalement pour recevoir le noir à révivifier.

« 2° L'idée d'avoir mis ces tubes en deux parties sur la hauteur, dont la partie supérieure seule est chauffée, et dont la partie inférieure sert de refroidisseur.

« 3° Le moyen de maintenir les tubes dans leur verticalité par des manchons carrés, en terre réfractaire, à trou rond, du diamètre extérieur des tubes, ces manchons formant deux planchers dont celui du dessus sert à étendre le noir pour son introduction facile dans les tubes.

« 4° Le plaque de fonte inférieure, percée de trous et garnie de tiroirs ou registres, qui reçoivent le noir et permettent sa sortie lorsqu'il est complétement refroidi.

« 5° La disposition générale du four et celle des carneaux qui obligent la flamme et l'air chaud à passer deux fois autour des tubes avant d'arriver dans les conduits DE.

« 6° La boîte en tôle ou en fonte, à tubes horizontaux, à travers lesquels passent l'air chaud et la fumée pour sécher préalablement le noir à révivifier.

« 7° L'idée d'ajouter des os, dans une certaine proportion,

au vieux noir, dans le but d'améliorer la qualité de ce dernier et de connaître la manière dont le feu a été conduit. »

Nous pouvons dire, à la louange du four Blaise, que les personnes chez lesquelles fonctionne cet appareil en sont très-satisfaites, tant sous le rapport de la simplicité des opérations que du peu de réparations exigées par ce four et de la bonne qualité de son produit.

Un système analogue fonctionne dans le midi de la Russie, et la différence la plus essentielle qu'il présente consiste en ce que les *tubes doubles*, servant à la calcination, sont en fonte et non en terre réfractaire. Nous croyons le four Blaise préférable.

Depuis l'époque où le four Blaise commença à attirer l'attention des praticiens, l'inventeur a fait à sa construction quelques améliorations, parmi lesquelles nous signalerons seulement l'adoption de la fonte pour la partie inférieure des tubes. Les tubes, faisant office de refroidisseurs dans cette portion de leur longueur, n'ont aucun besoin d'être établis en terre réfractaire dans un point où ils ne sont pas en contact avec la chaleur directe du foyer, et cette modification assure la durée du dispositif. En outre, il règne au sommet des tubes une série de tubes transversaux, plus petits, dont le rôle est de donner passage aux produits gazeux de la calcination.

Le rendement moyen du four Blaise est de 2 hectolitres par tuyau et par vingt-quatre heures; mais il peut être facilement augmenté.

Parmi les autres fours, très-nombreux, qui ont été proposés à la fabrication, nous citerons seulement les fours de MM. Gits et Durieux, Séraphin frères, Grouvelle et Fouschard, et nous ne décrirons que le four de Schatten, qui est usité en Allemagne.

Le four de Langen, dont un modèle se trouvait à l'Exposition de 1867, se distingue par des dispositions qui permettent de retirer le noir mécaniquement et sans avoir à redouter l'inattention des ouvriers. En dehors de ce travail automatique, ce four n'offre rien de particulier qui puisse lui mériter la préférence sur un agencement plus simple, et nous préférons le four décrit précédemment.

Le four Schatten, dont la partie principale est représentée en coupe verticale par la figure 76, ne peut pas soutenir la compa-

raison avec le four Blaise, et, encore, les perfectionnements qu'il a reçus ont-ils été empruntés à la disposition française, au moins pour le prolongement hors du four de la portion inférieure des tubes de calcination. Primitivement, en effet, les tubes étaient placés en entier dans le four, et la vidange du charbon *rouge* se faisait dans des étouffoirs.

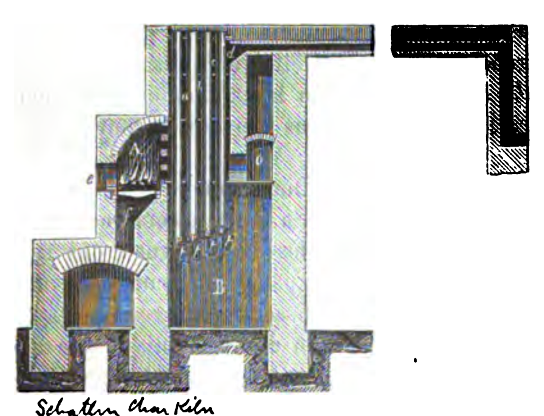


Fig. 76.

Soit donc un foyer A, dont les gaz pénètrent dans un four B. Dans ce four sont disposés des tubes de calcination verticaux *fff* en fonte, ouverts par le haut et fermés en bas par un registre. Le quart inférieur *aa* de ces tubes sort du four à travers une plaque de fonte et sert pour refroidir le noir. Le second quart *bb* est exposé à la plus grande chaleur du foyer, et c'est dans cette partie que se fait la calcination, qui est à peine commencée dans le troisième quart *cc*, et le quatrième quart *dd* sert à compléter la dessiccation, commencée en C sur une plate-forme chauffée par le carneau qui conduit les gaz à la cheminée. Ces portions des tubes sont séparées par des plateaux solides en fonte *e e' e'' e'''*.

Le noir, séché plus au moins complétement sur la plateforme, est jeté dans les tubes. Une partie se calcine en *bb*, tandis que, dans la *mise en train*, la partie contenue en *aa* doit être reprise pour être rejetée dans les tubes. On retire cette portion, et le contenu de *bb*, descendant en *aa*, se trouve remplacé par les portions supérieures. On remplit les tubes par le som-

met. Après cette première opération, on retire, toutes les 20 minutes, 5 kilog. de noir refroidi, par le registre du bas, et l'on recharge en haut. La marche se suit alors uniformément. Le rendement est de 360 kil. par tube et par 24 heures; mais il convient de faire observer que les tubes de Schatten, étant d'un assez grand diamètre, il peut arriver que les portions centrales soient moins bien calcinées.

En résumé, c'est une bonne disposition, moins complète et moins intelligente que celle de Blaise, mais qui présente aussi des avantages réels et incontestables.

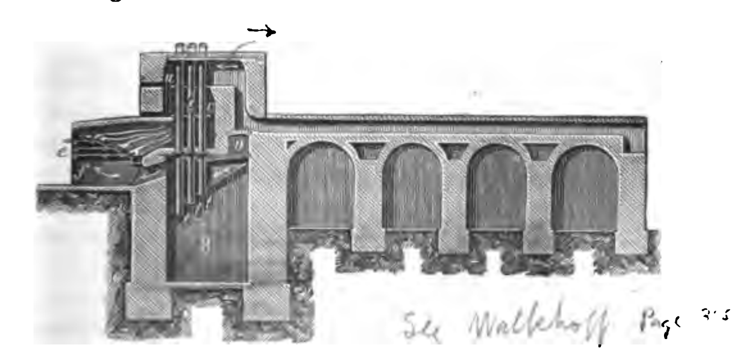


Fig. 77.

On a appliqué utilement à ce four les grilles à gradins dont la figure 77 donne une idée suffisante. Le cendrier est fermé en avant par une porte en tôle. Une plaque de tôle ou de fonte *nn* est disposée en plan oblique de manière à forcer l'air, venant de *g*, à passer autour des tubes avant de pénétrer dans le foyer par le carneau *h*. Cet air hâte le refroidissement du noir contenu dans la partie *aa* des tubes, que l'on construit encore souvent en tôle mince pour favoriser ce résultat.

L'objection que nous avons faite tout à l'heure contre le diamètre des cylindres de Schatten a frappé l'esprit des fabricants allemands, car plusieurs ont cherché à obvier à cet inconvénient en donnant aux tubes une forme ellipsoïde, un peu aplatie, grâce à laquelle l'échauffement de la matière est plus uniforme.

A diamètre égal des tubes, le rendement des fours Blaise et Schatten est à peu près identique. Il est, d'ailleurs, facile d'ap-

précier ce qu'on doit faire à cet égard, puisque l'on sait quelle est la proportion moyenne de noir employée en sucrerie. Pour un établissement faisant 100000 kil. de betteraves, par exemple, si l'on emploie 20 0/0 ou 20000 kil. de noir revivifié, ce qui est la limite moyenne, il faudra créer un four contenant 100 tubes, afin d'obtenir sûrement la quantité nécessaire, à raison de 200 kil., en moyenne, par tube. Nous conseillerions d'établir, de préférence, deux fours plus petits de 50 à 60 tubes chacun.

Walkhoff avait imaginé, pour opérer la dessiccation du noir lavé et épuré, avant de l'introduire dans les tubes ou les cylindres, un appareil spécial qui est représenté en coupe verticale par la figure 78 ci-dessous.

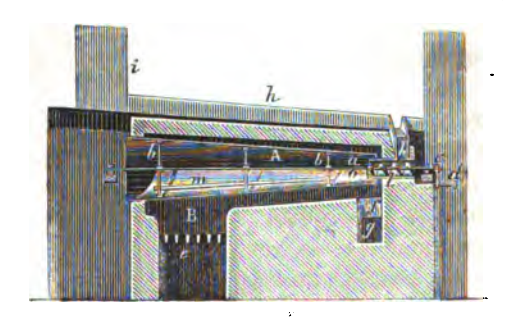


Fig. 78.

Cette machine, que plusieurs, paraît-il, voulaient considérer comme un appareil de calcination, ce dont l'inventeur se défend avec raison, n'est autre chose qu'un engin pur et simple de dessiccation. Il consiste en un tambour conique A, tournant sur des tourillons, et mu par une manivelle ou par un engrenage. La flamme et les gaz chauds d'un foyer B circulent autour de ce cône et se rendent dans une cheminée d'appel. Une trémie amène le noir par un caniveau trembleur *k* sur une vis d'Archimède, qui fait partie de l'axe du cône, et les spires de cette vis introduisent la matière en *a* dans le cône même. Des entretoises *b b* et un mouveron en palette *m m* servent à retourner le noir, lorsqu'on donne le mouvement à la machine par la manivelle *d*. Le noir séché sort à la partie déclive du fond, et il est envoyé au four de revivification.

Cette installation est, assurément, fort simple et très-ingénieuse; mais on voudra bien reconnaître qu'elle ne présente une certaine utilité que pour le cas, fort rare aujourd'hui, où l'on retourne le noir à la pelle pendant la dessiccation. Elle serait parfaitement inutile avec une disposition analogue à celle du four Blaize, où la dessiccation se fait sans frais, par le seul mouvement de descente de la matière sur des tubes chauffés par la chaleur perdue.

Frais de revivification. — En dehors des divers traitements qui ont été indiqués, et qui précèdent la calcination du noir, laissant même de côté la main-d'œuvre, les frais généraux, l'usure des appareils, l'intérêt du capital, etc., nous trouvons, d'après des observations aussi nombreuses que précises, que la dépense en combustible varie entre 15 et 20 0/0 du poids du noir. Soit un chiffre moyen de $17^k,50$ pour 100 kil. de noir à revivifier.

D'un autre côté, la perte, à chaque opération, se compose de 2,5 à 3 0/0 dans les lavages avant la calcination, et de 1,5 à 2 0/0 dans le travail des fours. Quelques personnes ne portent le maximum de la perte qu'à 2,5 ou 3 0/0; mais nous n'hésitons pas à croire qu'elles se trompent et que la perte totale du noir soumis à la revivification est, au moins, de 4 0/0.

Or, le dixième du noir employé représente, à très-peu près, la revivification journalière. Ainsi, une fabrique, traitant 100000 kil. de betteraves, cette racine étant prise pour exemple, doit avoir une provision de 200000 kil. de noir, dont 2000 kil. sont revivifiés par jour. Il faut compter sur une perte variant de 3 à 4 0/0, c'est-à-dire sur un déchet journalier de 60 à 80 kilogrammes, qu'il faudra remplacer par du noir neuf.

On peut évaluer les frais sur ces bases, en y joignant les dépenses de combustible, de lavage, de main-d'œuvre, etc.

Observations. — La température, reconnue pratiquement la plus utile pour la calcination du noir, peut être portée entre 350° et 400°, et Walkhoff a trouvé, à cet égard, des chiffres intéressants.

Selon cet observateur, le noir revivifié a présenté un pouvoir décolorant égal à 80, après avoir été chauffé à + 125°. Ce pou-

voir s'est élevé avec la température; il est devenu de 90 pour un échauffement à + 204°, de 100 pour une chaleur de + 315° et de 110 pour une température de + 425°.

Ces résultats ont conduit l'auteur allemand à adopter la moyenne de + 275° et nous avons reconnu expérimentalement la valeur très-réelle de cette appréciation.

Nous ne croyons pas non plus à la production de l'enduit brillant signalé par M. Kuhlmann et par d'autres observateurs, lorsque les lavages et les traitements chimiques préliminaires ont été bien exécutés. Cet enduit ne se produit que s'il peut se former des silicates plus ou moins fusibles, et ce résultat n'a lieu que lorsque l'épuration a été mal pratiquée.

Le noir neuf pèse, en moyenne, de 77 à 80 kil. par hectolitre et, comme, par suite du travail et de l'absorption de matières minérales, la matière acquiert de la densité dans les revivifications successives, le noir revivifié pèse de 90 à 115 kil.

Revivification à la vapeur. — MM. Laurent et Thomas ont proposé l'emploi de la vapeur surchauffée à + 300° pour opérer la revivification du noir lavé et séché. Malgré toute l'apparence rationnelle de cette méthode, nous croyons qu'elle a moins de chance d'être adoptée que la revivification ordinaire, l'outillage conseillé nous paraissant devoir être plus compliqué et le travail plus difficile à régulariser. Dans tous les cas, il nous serait difficile d'émettre une opinion sur un procédé que nous n'avons pas vu pratiquer, que nous n'avons pas vérifié et au sujet duquel nous manquons de données satisfaisantes.

III. — DU TANNIN.

Nous sommes convaincu, par le raisonnement et par l'expérience, que le seul moyen de régénérer la sucrerie et de la rendre abordable à toutes les intelligences consiste dans l'élimination réelle, complète, des matières azotées, jointe à la séparation, ou, au moins, à la transformation des alcalis.

En dehors de ce double but à atteindre, on fera bien des machines d'une bonne exécution, d'une conception habile, nous l'admettons volontiers; on portera surtout jusqu'aux nues les rêveries des charlatans, et les promesses illusoires de quelques chimistes de bas étage, aussi étrangers au sucre qu'au

reste de ce qui occupe les pensées du véritable chimiste ; on promettra, ce que nous avons vu en 1872, de placer la matière saccharine ici, et de retirer le sucre tout fait, là, un peu plus loin, comme, dans la machine à papier, le chiffon entre par une extrémité et sort par l'autre, transformé en papier sec, glacé, coupé, prêt à recevoir les impressions de l'écrivain... On peut promettre tout cela et mieux encore, et nous n'en croirons pas un mot avant d'avoir vu. Nous croyons à la possibilité de bien des choses, nous ne nions rien *à priori;* nous espérons beaucoup du progrès des arts mécaniques, mais il nous est difficile de croire à l'absurde. Or, l'engin, le procédé matériel qui pourra suppléer à l'intelligence dans le traitement des jus sucrés, nous paraît, sinon une absurdité, au moins une de ces difficultés que le génie pourrait surmonter peut-être... Mais le génie est rare. Le petit talent court les rues; le génie ne se révèle pas par des manifestes. Quel que soit le talent d'un prophète qui viendrait promettre de telles merveilles, nous prendrons toujours la liberté de conseiller la méfiance la plus caractérisée à l'égard de ses prospectus.

Nous ne sommes pas en présence d'un chiffon lavé et blanchi, qu'il ne s'agit plus que de soumettre à des opérations mécaniques successives pour le transformer en papier : nous avons en face de nous un produit naturel, très-fugace, très-altérable, accompagné de matières étrangères très-variables, et nous voulons obtenir le premier sous sa forme cristalline, autant débarrassé que possible des secondes. Il n'y a pas de mécanique à engrenages ou à ressorts qui puisse résoudre le problème; peut-être en créera-t-on une; mais elle n'est pas encore faite et, en attendant, c'est de la science qu'il nous faut, de la science et de la pratique, du savoir et du bon sens, des notions techniques acquises et l'habitude de l'observation. Cela vaudra mieux que la mécanique promise, et nous ferons du sucre par le travail intelligent, en attendant qu'il se fasse tout seul.

Or, tous les hommes qui ont étudié le sucre et la sucrerie, nous parlons de ceux qui n'ont pas intérêt à tromper, ces hommes viennent dire à la sucrerie :

« Toutes vos matières premières contiennent des proportions variables de matières azotées qui sont une des causes principales de vos difficultés de fabrication. Vous ne les éliminez pas entièrement par la chaleur, ni par le chaulage, ni par l'acide

carbonique, ni par le noir d'os; il n'y a que le tannin qui puisse vous en débarrasser! »

Que faire raisonnablement en présence de cette affirmation dont tout le monde reconnaît la justesse, sans vouloir prendre la peine de se mettre à l'œuvre? Nous n'engagerons, certes, personne, à attendre le phénomène dont la seule pensée provoque des sourires d'incrédulité chez les plus naïfs, et nous nous contenterons de chercher à mettre en pratique ce que l'on sait de positif et d'irréfutable.

Or, le tannin précipite toutes les matières azotées et une portion très-considérable des sels métalliques. Cet agent ne nuit pas au sucre et il est toujours facile d'en séparer un excès quelconque. Il paraît démontré, par le simple exposé de cette proposition, que c'est à ce principe qu'il convient de s'adresser pour éliminer économiquement les matières albuminoïdes et les résultats forcés, qui résultent de son emploi, le recommandent à l'attention de tous les fabricants.

Outre le haut degré de purification dont son action est un sûr garant, il réunit, dans les résidus, nourritures du bétail ou engrais, toute cette matière azotée qui est la principale base de l'alimentation des animaux et l'un des excitants les plus énergiques de la nutrition végétale. Si le tannin procure ces résultats, les matières sucrières n'ont plus à redouter les procédés d'une culture intensive; car, pourvu que les plantes saccharifères puissent atteindre une maturité complète, que l'on n'ait pas abusé des engrais au point de produire un excès de sucre incristallisable, il devient possible de rechercher le volume et le poids dans les végétaux saccharifères, sans que le travail usinier ait à redouter les substances azotées, dont il est facile d'obtenir, à peu de frais, la séparation.

En présence de ces données, il semble que la voie soit toute tracée et qu'il reste seulement à rechercher quelle est la méthode économique par laquelle on peut se procurer un réactif aussi précieux. Nous ne doutons pas de la possibilité d'isoler le sucre des matières qui le contiennent et de le séparer à l'état de combinaison insoluble; ce serait là, évidemment, la perfection; mais, si le fait est possible, il n'en est pas moins encore un rêve, qu'il appartient à l'avenir de transformer en réalité. C'est la méthode inverse qui est seule applicable actuellement et, puisque nous ne pouvons séparer le sucre des matières

étrangères qui l'accompagnent, nous devons borner, provisoirement, notre rôle à séparer ces matières étrangères du sucre lui-même. Le résultat est le même au fond, et la méthode plus parfaite et plus rapide ne nous apporterait guère qu'un surcroît d'économie.

Des tannins. — Les propriétés de ces corps nous sont connues et elles ont été indiquées en divers endroits de cet ouvrage[1]. Nous n'avons à rechercher ici que les conditions économiques de leur emploi, c'est dire, que nous devons indiquer, d'abord, quelles sont les substances végétales qui le renferment en proportion convenable pour que l'extraction en soit facile et que l'usage en devienne possible en sucrerie.

Partant de la solubilité des tannins dans l'eau et de l'insolubilité des tannates métalliques, nous pouvons admettre deux hypothèses :

1° Ou bien la matière végétale qui renferme le principe astringent ne contient pas de substances qui puissent être nuisibles aux opérations sucrières et, dans ce cas, l'infusion aqueuse de la matière tannante, préparée au fur et à mesure des besoins, est ce que l'on peut employer le plus commodément;

2° Ou bien on désire, pour des raisons plausibles, isoler le principe tannant de tout le reste, ou, au moins, des substances dont la présence pourrait être gênante. Dans ce cas encore, il convient de préparer une infusion aqueuse de la plante, d'en précipiter le tannin, sous une forme un sous une autre, afin de pouvoir l'employer plus commodément.

Les matières végétales qui contiennent le tannin sont d'une abondance remarquable, et il n'y a pas une seule contrée où l'observation, même superficielle, ne puisse faire découvrir ce qui convient. Toute plante ou toute partie de plante dont l'infusion précipite l'eau albumineuse de blanc d'œuf, ou une solution albuminoïde quelconque, peut être utilisée, pourvu qu'elle ne soit pas vénéneuse.

Principales matières végétales qui contiennent du tannin. — La *noix de galle* est la substance qui a été le mieux étudiée sous le rapport du tannin qu'elle renferme. L'*écorce du chêne,* celle du

1. V. t. I, p. 80, t. II, p. 118, 123, 127, etc.

pin maritime, du *bouleau*, du *châtaignier*, du *prunellier*, le *cachou*, la *gomme kino*, le suc d'*acacia*, les racines de *benoîte*, de *bistorte*, de *tormentille*, de *fraisier*, etc., contiennent beaucoup de tannin. Le fruit du *dividivi*, l'écorce de la *banane*, un nombre considérable de *lianes* renferment également le principe astringent en proportion plus ou moins considérable. Toutes les matières végétales qui peuvent être employées au tannage des peaux peuvent être utilisées pour obtenir la séparation des substances azotées des jus, pourvu qu'elles ne soient pas vénéneuses et ne contiennent pas d'autres principes nuisibles au sucre.

C'est à l'analyse seule que l'on peut avoir recours pour acquérir les notions sur lesquelles on doit se baser pour faire un choix profitable. Nous rapportons donc quelques analyses dont les indications pourront être utiles au lecteur.

Analyse de la noix de galle, par M. Guibourt :

Acide tannique	65,0
Acide gallique	2,0
Acide ellagique Acide lutéogallique	2,0
Chlorophylle et huile volatile	0,7
Matière brune	2,5
Gomme	2,5
Amidon	2,0
Ligneux	10,5
Sucre Albumine Sulfate de potasse, chlorure de potassium, gallates de potasse et de chaux, oxalate de chaux et phosphate de chaux	1,3
Eau	11,0
	99,5

Analyse de l'écorce de chêne, par Gerber.

Substances extraites par l'eau et l'alcool	Acides gallique et tannique	1,09
	Gomme et traces de sels	8,50
	Acide quercitannique	5,60
	Sucre, chlorure de sodium, acide malique, sels, extrait coloré	8,66
	Résine	1,11
	Matière cireuse	0,66
	Produits de l'altération de l'acide tannique	2,34

Matières extractives	1,67
Matières altérées	2,54
Acide pectique	6,77
Phosphate de chaux	0,40
Phosphate de magnésie	1,15
Malates de chaux et de magnésie	0,80
Ligneux	58,23
	99,52

Humphry Davy a trouvé, dans les écorces de chêne, les proportions suivantes d'acide quercitannique :

Écorce blanche de vieux chêne	15 %
Écorce de jeune chêne	16
Écorce de chêne colorée	4
Écorce entière de chêne	6,3

Analyse de l'écorce de pin maritime, d'après M. Nardo.

Tannin	52,195
Gomme	3,960
Matières extractives	17,180
Résine	1,035
Fibre végétale	25,445
	99,815

Analyse de l'écorce du pin sylvestre, selon Berzélius.

Tannin et produits de sa décomposition	13,18
Résine	12,67
Extrait tenant du sucre et une matière amère	28,57
Quinate de chaux	1,01
Substance gélatineuse (?)	34,57
Eau et perte	10,00
	100,00

L'écorce entière du *marronnier d'Inde* contient de 4,3 à 11 0/0 de tannin.

D'après une analyse de Gauthier, l'épiderme de l'écorce de *bouleau* contiendrait 5,5 0/0 de tannin.

L'écorce de *monésia* et celle de *buranhem* tiennent 7,5 de tannin sur 100 parties.

Analyse du cachou, selon Davy.

Tannin	54,5	48,5
Mat. peu soluble	34,0	36,5
Gomme	6,5	8,0
Chaux, alumine, sable	5,0	7,0
	100,0	100,0

Analyse de la racine de tormentille, d'après Meissner.

Tannin	17,400
Essence	traces.
Cire	0,712
Résine	5,445
Matière colorante rouge	18,050
Matière colorante altérée	2,575
Substance analogue à la gomme, sels de chaux et traces de tannin	5,120
Gomme	28,200
Fibre ligneuse	15,000
Eau	6,450

Analyse de la racine de benoîte, Geum urbanum, selon Trommsdorf.

Tannin	41,00
Huile volatile	0,04
Résine	4,00
Matière gommeuse	25,00
Fibre ligneuse	30,00

Analyse des feuilles d'arbousier, *Busserole*, d'après Meissner.

Tannin	36,400
Acide gallique	1,200
Résine	4,000
Matière extractive, oxalate et citrate de chaux, chlorure de calcium	24,774
Gomme	15,700
Ligneux	9,600
Eau	6,000
	98,074

Parmi les différentes matières tannantes qui sont communes en France, celles auxquelles nous donnons la préférence sont les écorces de chêne et de pin maritime, que l'on peut se procurer à des prix peu élevés. Les feuilles de busserole trouveraient également un bon emploi, d'après leur composition; mais nous ne les avons pas essayées d'une manière assez suivie pour émettre une opinion précise. Le tan de chêne ou de pin et le cachou nous paraissent, d'ailleurs, suffire parfaitement pour tous les besoins, et il nous semble peu utile de chercher autre chose que ces trois matières tannantes, que l'on peut se procurer très-facilement[1].

1. La valeur moyenne de l'écorce de chêne moulue est de 80 francs les mille kilogrammes; celle de pin n'a pas de cours régulier, et le prix du cachou, quoique variable, se maintient dans des limites très-modérées.

Préparation des solutions tanniques. — Il paraît évident que l'on doit préparer les solutions de tannin à mesure du besoin, puisque les dissolutions de cette substance, dans l'eau, offrent la propriété de subir une sorte de fermentation qui en transforme le tannin en acide gallique, en un temps plus ou moins long, et quelquefois très-rapidement. On n'a pas besoin de faire autre chose qu'une infusion. Pour cela, on peut procéder de différentes manières, selon la méthode adoptée dans le traitement sucrier.

Si l'on ajoute la solution tannante après l'extraction des jus, ce qui est moins rationnel, on peut se contenter de verser *dix parties* d'eau bouillante sur *une partie* de matière tannante divisée. Après deux heures de repos, le liquide est soutiré, et on le fait agir, si l'on veut, sur de nouvelle matière, pendant que le résidu reçoit une autre proportion d'eau chaude.

Il est plus simple d'avoir deux cuviers en bois, munis chacun d'un serpentin qui y apporte des chaleurs perdues. On met, dans chacun de ces cuviers A et B, deux parties de matière tannifère, on ajoute en A dix parties d'eau, on porte la température de la masse à $+100°$, pendant deux ou trois minutes, et on laisse reposer. Après deux heures de repos, on soutire le liquide de A, que l'on fait passer sur la matière de B, et que l'on porte de nouveau à $+100°$. Le résidu en A est traité par de nouvelle eau, pour l'épuiser, et le liquide d'épuisement est réuni au premier. On opère de même sur B, et les liquides réunis sont employés pour précipiter les matières azotées des jus.

Dans le cas où l'on fait arriver la solution tannante sur la râpe ou dans les macérateurs, ont peut faire couler, par un ajutage dont l'ouverture est calculée, le liquide préparé, comme il vient d'être dit, de façon à en introduire un volume déterminé pendant l'unité de temps. On serait plus sûr ainsi du dosage employé que par le mode suivant, dans lequel les liquides peuvent ne pas avoir toujours une composition constante.

Dans ce mode, la matière tannante, répondant au travail d'une journée, est mise dans un cuvier avec l'eau; on chauffe jusqu'à $+100°$ et, après deux heures de repos, le liquide est dirigé par un faux fond perforé et un ajutage sur le point où l'on veut s'en servir. Il est difficile, dans ce cas, d'épuiser la matière et d'avoir un liquide uniforme, à moins de disposer

au second cuvier au-dessus du premier, et d'y épuiser les résidus par une seconde infusion. Le liquide est alors envoyé dans le premier cuvier, et on le fait agir sur la matière neuve.

Il serait peut-être plus commode d'opérer comme il a été dit tout à l'heure, de préparer à part la solution tannante et de l'envoyer dans une petite cuve de distribution, à un degré constant de densité, de façon à ne pas amener de différences dans ce travail.

Appréciation de la valeur des dissolutions tanniques. — Lorsqu'on veut étudier une matière tannante au point de vue de l'extraction du sucre, il n'est pas nécessaire de recourir à un autre mode de préparation plus minutieux que celui qui doit servir en pratique.

On prend une carafe ordinaire et une allonge (fig. 79); l'allonge est remplie jusqu'en *ab* par de la matière à essayer, divisée, bien tassée, après que l'on a adapté un bouchon à l'extrémité inférieure. On remplit alors l'allonge jusqu'en *cd*, avec 5 parties d'eau chaude pour 1 de matière, et on laisse reposer pendant deux heures. Après ce temps, on débouche l'allonge et on fait couler le liquide dans la carafe. L'allonge est rebouchée, et on traite le résidu, dans les mêmes conditions, par une quantité d'eau chaude égale à la première[1].



Fig. 79.

Les liquides réunis et mélangés donnent le volume et la densité de la préparation usuelle, et l'on peut en constater la valeur nette par un essai rapide.

Pour faire convenablement cet essai, il n'est pas nécessaire, suivant nous, de se livrer à des pratiques minutieuses de laboratoire, dont la valeur ne serait pas plus à l'abri de critiques fondées qu'un mode plus simple de vérification.

On pèse un gramme d'albumine soluble, sec, et on fait dissoudre cette matière dans une quantité d'eau tiède suffi-

1. Il serait plus commode de se servir d'une *allonge à déplacement*, munie de son robinet; mais le mode indiqué n'entraînant qu'à une dépense insignifiante, nous le préférons à l'emploi d'un appareil plus élégant.

sante. La solution est étendue jusqu'au volume de 100 centimètres cubes, et l'on en prend dix centimètres. Ce volume est étendu d'eau distillée, de manière qu'on obtienne un décilitre de cette nouvelle solution au millième. La liqueur tannante à essayer est versée dans une éprouvette graduée, et l'on en verse, avec précaution et peu à peu, dans la dissolution albumineuse, en agitant avec soin. On s'assure, à l'aide d'un papier préparé au pernitrate de fer, du moment où le mélange commence à colorer ce papier en bleu noirâtre, et il ne reste plus qu'à constater le volume employé de liqueur tannante pour atteindre ce résultat. Ce volume répond à la quantité de tannin nécessaire pour neutraliser un décigramme de matière azotée, c'est-à-dire à un poids à peu près six fois plus considérable, *une* partie de tannin précipitant 0,16667 d'albumine.

On comprend que cette vérification fort simple suffit parfaitement au but cherché, puisque la liqueur ne peut réagir sur le sel de fer que lorsque le tannin s'est combiné avec la totalité de la matière azotée, et qu'il en existe à l'état libre dans le liquide. On n'a pas à se préoccuper de la petite portion des combinaisons de tannin et de matière azotée dont la précipation ne serait pas instantanée, et l'on sait immédiatement à quoi s'en tenir sur la matière essayée, pourvu que l'infusion ait été préparée de la même manière, avec la même quantité de substance tannifère, et la même proportion d'eau, dans tous les essais comparatifs que l'on a à exécuter.

IV. — DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE ET DES PHOSPHATES SOLUBLES.

Nous croyons avoir établi que le seul moyen rationnel, que l'on possède actuellement, de se mettre à l'abri des effets désastreux produits par les alcalis dans les jus sucrés, consiste à les transformer en phosphates, soit par l'action directe de l'acide phosphorique, soit en faisant agir sur les carbonates alcalins, après la saturation, le superphosphate de chaux ou le phosphate d'ammoniaque.

Il est utile que le fabricant puisse faire préparer ces réactifs sous ses yeux, tant par raison d'économie que par la nécessité d'avoir une notion certaine de leur valeur. Le procédé à suivre est, d'ailleurs, d'une grande facilité d'exécution, et il peut être confié à l'ouvrier le moins expérimenté.

Préparation du superphosphate de chaux. — Le phosphate acide de chaux se prépare par la réaction de l'acide sulfurique sous le phosphate de chaux insoluble ou phosphate basique.

Le phosphate basique insoluble est très-abondant. On le rencontre dans les *os calcinés* des animaux, dont les *cendres* contiennent 80 0/0 de phosphate 3 $CaO.PhO^5$ et 20 0/0 de carbonate de chaux.

On trouve le phosphate 3 $CaO.PhO^5$ dans le règne minéral; les *coprolites*, dont la poudre est employée en agriculture, contiennent des proportions de ce phosphate, qui varient de 30 à 75 0/0 de la masse; l'*apatite* est une combinaison de phosphate calcique avec le chlorure ou le fluorure de calcium; la *phosphorite* n'est presque autre chose que du phosphate.

Sans entrer dans des détails analytiques peu utiles, puisque les coprolites, qui pourraient avoir une application intéressante sous le rapport qui nous occupe, offrent une composition extrêmement variable, nous bornerons ce que nous avons à dire de la préparation des phosphates solubles et de l'acide phosphorique au traitement du phosphate des os.

Cette matière première peut être prise sous deux états différents; ou bien, on se sert de cendres d'os, ou bien, on emploie les résidus de noir de sucrerie.

Les cendres d'os peuvent être considérées comme représentées par la composition :

$$\left.\begin{array}{ll} 3\,CaO.\ PhO^5 \ldots\ldots\ldots\ldots & 80 \\ CaO.\ CO^2 \ldots\ldots\ldots\ldots & 20 \end{array}\right\} = 100.$$

Le noir épuisé, les résidus de lavage des noirs usés, destinés à la revivification, présentent la composition que nous avons indiquée pour le noir neuf, modifiée par les matières albuminoïdes, la chaux et les sels absorbés.

En partant des cendres d'os, et sachant que les préparations à faire consistent à obtenir de l'acide phosphorique ou de superphosphate de chaux, nous raisonnons, dans les deux cas, de la manière suivante :

1° Pour la préparation de l'*acide phosphorique* $PhO^5.3\,HO$, nous devons enlever, par l'acide sulfurique, toute la chaux qui se trouve dans les cendres. Or, la composition de $3CaO.\ PhO^5$ nous donne :

3 éq. CaO = 350 × 3............	= 1050	}	= 1950.
1 éq. PhO^5......................	900	}	

Sur 1950 parties pondérales de 3 CaO.PhO^5, on a donc 1050 parties de chaux à enlever, et il restera 900 parties d'acide phosphorique.

La totalité du carbonate de chaux doit disparaître, partie à l'état de sulfate de chaux, partie à l'état gazeux. Le carbonate de chaux renferme :

1 éq. CaO.....	350.	}	= 625.
1 éq. CO^2.........................	275.	}	

Sur 625 parties pondérales de CaO.CO^2, on a donc 350 parties de chaux à enlever, et il y aura 275 parties d'acide carbonique qui disparaîtront à l'état gazeux.

De là, on trouve, sur 100 kil. de cendres d'os :

Chaux du phosphate...............	43,076	}	= 54,276
Chaux du carbonate...............	11,200	}	
Acide phosphorique (*anhydre*)...................			36,923
Acide carbonique............................			8,800
			99,999

On devra donc éliminer, sur 100 kil. de cette matière, 54^k,276 de chaux, pour obtenir 36^k,923 d'acide phosphorique (*supposé anhydre*), pendant qu'il se dégagera 8^k,80 d'acide carbonique.

Un équivalent d'acide sulfurique monohydraté à 66° (=612,50) se combinant avec un équivalent de chaux (=350), pour former un équivalent de sulfate de chaux (= 850 + 112,50), on aura le chiffre de l'acide sulfurique à employer par la relation :

$$350 : 612,5 :: 54,276 : x = 94,982.$$

Il faudra donc employer 94^k,982 d'acide sulfurique à 66° pour séparer toute la chaux de 100 kil. de cendres d'os. Comme la densité de l'acide sulfurique à 66° égale 1842, c'est-à-dire que le litre pèse 1 kil. 842 grammes, cette quantité pondérale, de 94^k,982, égale 51 litres 564 d'acide sulfurique à employer pour enlever la chaux de 100 kil. de cendres d'os, et elle représente 0^k,949^{gr},82 ou 0^l,51664 par kilogramme d'os calcinés.

Le produit de 100 kil. de cendres d'os, traités par 94^k,982 d'acide sulfurique, égale 36^k,923 d'acide phosphorique PhO^5;

mais l'acide obtenu dans la réaction est de l'acide avec 3 équivalents d'eau, se combinant avec 3 équivalents de base (= $PhO^5.3HO$ = 1237,5), et le chiffre de l'acide phosphorique obtenu sera de $50^k,769^{gr}$, dissous dans une quantité d'eau plus ou moins grande.

Indépendamment de la main-d'œuvre et des menus frais, on trouve que $50^k,769$ d'acide phosphorique $PhO^5.3HO$, pouvant neutraliser $43^k,076$ de chaux, coûtent le prix de 100 kil. de poudre d'os, plus le prix de $94^k,98$ d'acide sulfurique monohydraté.

Préparation. — La préparation est très-simple. On met, dans une cuve doublée en plomb, une quantité pesée, soit 100 kil. de cendre d'os, aussi finement pulvérisée que l'on peut, et l'on délaye la matière avec assez d'eau chaude, 100 ou 150 kil., pour en faire une pâte homogène. On a eu le soin de mélanger $94^k,982$ d'acide sulfurique à 66° avec 150 kil. d'eau[1]. On verse alors cette solution acide sur la cendre d'os, en plusieurs fois, et en agitant à chaque addition. Il se dégage beaucoup d'acide carbonique pendant ce travail, et l'on ne doit pas faire une nouvelle addition d'acide avant que l'effervescence, causée par la précédente, ne soit arrêtée, afin de ne pas faire déborder la matière. Après la dernière addition, on mêle avec soin la masse à l'aide d'un râble, et le tout est laissé en repos pendant 12 heures.

Au bout de ce temps, la réaction est terminée, et la masse de la cuve est composée de sulfate de chaux et d'acide phosphorique $PhO^5.3HO$. On la délaye avec de l'eau bouillante qui dissout très-bien tout cet acide et ne dissout que fort peu de sulfate de chaux. On emploie, pour cette dissolution, 250 à 300 litres d'eau, on laisse reposer et l'on décante le liquide clair. Le résidu est lavé à plusieurs reprises jusqu'à épuisement, et les eaux de lavage sont réunies pour servir au lavage d'une opération suivante. On cherche, autant que possible, à obtenir une solution d'acide phosphorique d'un degré donné, que l'on prend pour base d'opération dans le traitement des jus saturés.

1. Ce mélange doit être fait en versant l'acide dans l'eau et non pas l'eau dans l'acide, pour éviter les projections auxquelles l'élévation de température pourrait donner lieu. On agite à mesure que l'on effectue le mélange.

2 Pour la préparation du *superphosphate de chaux* ou *phosphate acide de chaux*, dont la formule est CaO. 2HO.PhO⁵, on se base sur ce fait que l'acide sulfurique ne doit éliminer que les 2/3 de la chaux du phosphate basique et toute la chaux du carbonate. On a donc $\frac{43,076}{3} \times 2 = 28,717 + 11,200 = 39^{k},917$ de chaux à séparer seulement, sur 100 kil. de cendre d'os, ce qui ne requiert que l'emploi de $69^{k},854$ d'acide sulfurique.

Le produit a coûté, dans ce cas, un tiers d'acide sulfurique de moins, il est vrai, mais il ne peut avoir que les deux tiers de la valeur de l'acide phosphorique du cas précédent, puisqu'il n'a que deux équivalents de chaux à reprendre, au lieu de trois, pour repasser à l'état de phosphate insoluble. Le chiffre du biphosphate de chaux obtenu est de $60^{k},512$, et cette quantité peut éliminer $39^{k},917$ de chaux, ou transformer une proportion équivalente d'alcalis.

En dehors des observations qui viennent d'être faites, relativement à la proportion moindre d'acide sulfurique à employer pour la préparation du phosphate acide de chaux, le procédé de préparation et les précautions à prendre sont absolument les mêmes que dans la préparation de l'acide phosphorique.

En fabrique, lorsque l'on a à sa disposition des résidus de noir provenant des lavages et de la calcination, il est économique de s'en servir, au lieu de cendres d'os, pour la préparation de l'acide phosphorique ou du phosphate acide de chaux, ces résidus ne présentant qu'une valeur vénale très-faible. Il y a, cependant, deux inconvénients assez notables dans ce genre de travail, et il convient d'y prêter attention.

Le noir contient 10 0/0 de charbon. Dans la réaction de l'acide sulfurique, ce charbon désoxyde une partie de l'acide sulfurique, et il se forme de l'acide sulfureux et de l'acide sulfhydrique. C'est là une petite cause de perte et, en même temps, il en résulte la nécessité de prendre quelques précautions et d'agir en plein air pour faire le traitement, le dégagement de l'acide sulfhydrique n'étant pas sans danger lorsque l'on opère dans un local fermé, où la ventilation et le tirage ne sont pas assez actifs.

D'un autre côté, le noir usé peut contenir des alcalis, de la chaux, des matières albuminoïdes; il doit avoir été bien lavé

et débarrassé principalement des alcalis, pour éviter de les avoir dans le produit et de les introduire ainsi dans les jus.

Lorsque l'on adopte le phosphatage comme base de la purification complémentaire et de la transformation des alcalis, les dépôts de phosphatage sont formés surtout de phosphate de chaux basique, et ces dépôts, lavés, peuvent être employés, très-économiquement, à la préparation journalière du biphosphate. On n'a qu'à suppléer à la portion de phosphate correspondante aux phosphates alcalins formés dans les jus, et la dépense, en cendres d'os ou en phosphate basique, devient à peu près insignifiante par le fait de cette utilisation des résidus, en sorte que le phosphatage ne coûte guère que la valeur de l'acide sulfurique et de la main-d'œuvre.

Phosphate d'ammoniaque. — Lorsque l'on a préparé une solution, plus ou moins concentrée, de superphosphate de chaux, il suffit d'y verser de l'ammoniaque jusqu'à ce que la liqueur présente une faible réaction alcaline, pour avoir préparé le *phosphate d'ammoniaque neutre* $2AzH^2.2HO.HO.PhO^5$ que le fabricant de sucre n'a aucunement besoin de faire cristalliser, pas plus que les autres agents dont il doit employer les dissolutions dans son travail. Il se précipite un phosphate de chaux basique qui peut être employé à la préparation du phosphate acide de chaux, et la liqueur, décantée, est une dissolution de phosphate d'ammoniaque.

SECTION II.

Extraction du sucre de betterave.

Pour tout homme qui serait étranger aux manipulations de la chimie industrielle, la conclusion à tirer des faits, des principes et des règles exposés précédemment, devrait être qu'une étude technique de la sucrerie spéciale est parfaitement inutile, si l'exactitude des indications générales auxquelles nous faisons allusion est inattaquable. Ce serait un raisonnement vrai et logique, si toutes les plantes sucrières nous fournissaient des jus identiques, dont le traitement devrait être uniforme, si l'on n'avait autre chose à faire qu'à appliquer la règle sans modification, sans hésitation. Il n'en est pas ainsi, malheureusement, et chaque plante saccharifère se présente à notre travail de transformation dans des conditions très-différentes de celles offertes par un autre végétal. Une même plante ne peut être soumise au même mode de traitement, *sans modification aucune*, que si elle est de même variété, de même richesse, si elle a crû dans les mêmes conditions, si elle ne renferme que les mêmes matières étrangères et dans des proportions très-voisines.

Dans le plus grand nombre des circonstances, il convient d'apprécier des différences, même légères, d'en tenir compte dans la fabrication et de ne rien livrer au hasard.

Ce n'est donc pas assez de connaître les principes généraux relatifs à la fabrication du sucre, il faut encore posséder à fond les méthodes et les procédés les plus utiles dans le traitement de chaque plante sucrière, savoir nettement quelles sont les raisons pour lesquelles on doit agir dans tel ou tel sens, selon les matières données, selon les conditions de leur production et les données de leur composition.

Le fabricant de sucre de canne, qui ne connaîtrait pas la sucrerie de betterave, serait probablement fort empêché s'il avait à traiter notre racine indigène et, de même, le fabricant de sucre de betterave ne pourrait traiter la canne ou le sorgho par les moyens dont il est habitué à faire usage. Les règles générales du travail restent les mêmes, mais les modifications sont nombreuses dans l'application industrielle, et l'on doit en

étudier avec soin les différences, si l'on veut acquérir une connaissance approfondie de l'art du fabricant de sucre. C'est pour ces raisons que nous allons examiner la fabrication sucrière dans ses diverses applications spéciales et chercher à appliquer les règles générales et les principes de technologie, qui nous sont devenus familiers, à l'extraction industrielle du sucre de betterave et du sucre des graminées saccharifères. Nous commençons cette étude, essentiellement pratique, par les notions et les faits relatifs à la betterave, bien que la sucrerie indigène n'ait que le second rang dans la chronologie sucrière. C'est à la sucrerie européenne que sont dus les progrès accomplis dans toutes les branches de cette industrie; c'est par la betterave que l'on a appris à faire le sucre de canne et, si la sucrerie exotique cherche à secouer la barbarie qui l'étreint encore en maintes contrées, c'est à l'exemple courageux de la sucrerie de betterave qu'elle doit d'avoir compris l'émulation. Ce n'est que justice d'accorder la première place à cette seconde venue dans l'arène du travail, à cette déshéritée des premières luttes, qui a su laisser derrière elle sa redoutable concurrente, et qui lui montre aujourd'hui la voie du progrès dans laquelle elle est entrée avec une audacieuse énergie.

Ce n'est pas un phénomène bien étrange qu'il y ait du sucre dans la betterave; c'est un miracle de science, de travail et de persévérance, d'être arrivé à extraire ce sucre dans des conditions lucratives et d'avoir fait, de cette extraction, la base de l'agriculture européenne. Les efforts qu'il a fallu déployer, pour constituer l'industrie sucrière indigène, mériteront à jamais la reconnaissance des peuples modernes envers la mémoire des hommes courageux qui ont doté l'ancien monde de cette source puissante de bien-être et de prospérité.

CHAPITRE PREMIER

Des premiers travaux de la sucrerie de betterave.

Il a toujours été de la plus haute utilité pratique, dans toutes les choses humaines qui comportent le progrès, de jeter un coup d'œil en arrière sur le chemin parcouru, de comparer les faits accomplis avec ce qui reste à exécuter, comme aussi de

savoir considérer les débuts les plus modestes et se rappeler les incertitudes d'une humble origine au milieu des splendeurs du succès. Comme ce potier devenu roi, qui voulait se souvenir sans cesse de sa première condition pour y trouver des motifs de mieux faire, la sucrerie doit à sa royauté industrielle de savoir honorer ses premiers travaux et d'en consacrer la mémoire. S'il nous est interdit, par les limites de cet ouvrage, de rappeler en détail tous les travaux, toutes les recherches qui ont conduit la fabrication sucrière au point où nous la voyons parvenue, nous essayerons, du moins, de retracer les principales tentatives, d'indiquer les essais les plus remarquables dont les résultats ont concouru à l'organisation définitive de cette admirable industrie.

I. — HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE.

L'histoire de la *betterave*, considérée comme plante sucrière, ne date que de 1747, époque à laquelle le chimiste prussien Margraff isola le premier le sucre prismatique de cette racine. Malgré l'intelligence avec laquelle il avait prévu l'avenir de sa découverte, l'application industrielle ne paraissait pas devoir prospérer de sitôt, en présence des bas prix des produits de la canne, dont le sucre ne valait pas alors plus de 0,90 à 1 fr. le kilogramme en France, et aussi en raison des difficultés inhérentes à toute innovation.

La découverte de Margraff restait oubliée depuis 35 ans, lorsqu'un jeune chimiste de Berlin, Achard, entreprit de nouvelles expériences sur le sucre de betterave, expériences encouragées par le grand Frédéric. La mort du roi, son bienfaiteur (1786), suspendit pendant quelque temps les recherches d'Achard; mais, en 1795, il les reprit avec une nouvelle ardeur, enthousiasmé par les résultats agricoles, industriels et économiques qu'il entrevoyait; il n'hésita pas à appliquer en grand ses essais dans son domaine de Kunern, en basse Silésie, domaine qu'il tenait de la munificence royale.

Ses efforts furent couronnés de succès et, en 1799, il présentait au roi du sucre en pain, semblable aux plus belles sortes de sucre exotique. Une commission reconnut la possibilité industrielle de fabriquer en grand le nouveau sucre à des conditions avantageuses. La moscouade de betterave ne devait reve-

nir qu'à 0f,65 le kilogramme, et même, selon les espérances de l'auteur, à un prix moitié moindre, par le perfectionnement du travail et la vente des résidus.

Quelques fabriques furent construites presque aussitôt en Allemagne, entre autres celle de M. de Koppy, à Krain. De 1802 à 1812, un certain nombre de fabriques furent créées dans les pays germaniques et même en Russie; l'industrie sucrière, protégée par les souverains, tendait à prendre, dans ces contrées, un développement normal, lorsque, à la suite des événements de 1814, elle se trouva arrêtée dans son élan, et l'Allemagne cesse de compter parmi les pays producteurs de sucre de betterave, pendant un intervalle de plus de 20 ans, jusque vers 1836.

C'est donc en France surtout qu'il convient de suivre les grands traits de l'histoire de la sucrerie indigène, car c'est chez nous, seulement, que les efforts furent persévérants, la lutte constante, le travail efficace. Lorsque le reste de l'Europe se réveilla de son apathie, vers 1836 ou 1837, lorsque l'Allemagne secoua sa lourde torpeur, tout était créé; il n'y avait plus qu'à *prendre* les procédés français et à en *tirer profit*.

Qu'on nous permette d'appeler l'attention des partisans outrés de l'Allemagne sur ce point. En science, dans les arts comme à la guerre, l'Allemand ne crée pas; il *prend* ou il *imite*. Le procédé est plus commode et plus conforme aux instincts de sa nature. Lorsque la sucrerie fut faite, que la discussion théorique et pratique des méthodes et des procédés eut indiqué le chemin et tracé la voie, la Prusse trouva à propos de dire que que la découverte du sucre de betterave était prussienne, ce que l'on ne conteste pas, et de s'emparer du travail français [1]. Nous prions les enthousiastes de modérer leurs transports et de vouloir bien réfléchir à ceci, que l'Allemagne, en rentrant dans l'industrie sucrière, n'avait rien à faire. Se servir des théories et des méthodes françaises, utiliser l'outillage français, puis, après quelques années, germaniser la théorie française par des conceptions épaisses, les méthodes françaises par des inutilités

1. Laisser travailler l'abeille et accaparer ensuite le miel récolté à grand'peine, c'est le propre du frelon. L'Allemand s'est toujours montré en toutes choses, *sauf en musique*, le frelon de la famille européenne. L'histoire du sucre en fournit une preuve matérielle, sans parler de toutes celles qui sont apportées par des événements plus rapprochés.

ou des absurdités, l'outillage français, en lui donnant la lourdeur allemande, faire ensuite passer tout ce raccommodage pour des théories et des méthodes allemandes, pour un outillage allemand, telle a été la part de l'Allemagne et surtout de la Prusse en sucrerie.

L'*invention* germanique n'est pour rien dans l'industrie des sucres et, puisque nous avons occasion de le dire, le seul prussien qui soit quelque chose en cela est Margraff. Or, avec toute son habileté de laboratoire, Margraff fut complétement incapable de créer la sucrerie; il *trouva* du sucre dans la betterave et *rêva* qu'il était possible d'en faire l'objet d'une fabrication. Ce fut un Français égaré en Prusse, Achard, qui imprima le mouvement à cette grossière ébauche; ce fut le génie français qui donna la vie à l'idée de Margraff, restée en léthargie pendant quarante ans.

Pour nous donc, même en partant du premier travail de sucrerie pratique, exécuté par Achard, la sucrerie indigène est française, et les autres nations européennes ne sont entrées dans ce mouvement immense que lorsqu'il n'y avait plus *rien à risquer*.

Nous ne nous occupons donc plus que de la France en ce qui touche l'histoire de la sucrerie.

Achard était tellement Français de cœur et d'origine que, dès qu'il eut réussi dans ses recherches, dès l'année 1799 (an VIII), il s'empressa de faire connaître en France sa méthode et ses résultats, et presque aussitôt l'Institut nomma une commission pour examiner les procédés du chimiste prussien et renouveler ses expériences.

Cette commission, composée de MM. Cels, Chaptal, Deyeux, Fourcroy, Guyton-Morveau, Parmentier, Tessier et Vauquelin, trouva un rendement de 224 kil. de cassonade blanche, moins de 1 pour 100, pour 25,000 kil. de betteraves traitées. La commission dut faire toutes ses réserves sur ce résultat, obtenu dans de mauvaises conditions, avec des procédés informes et des racines pauvres en sucre, et elle fit un rapport favorable à la nouvelle industrie, bien que le prix de revient eût été trouvé de 1 fr. 60 le kilogramme.

Deux établissements se formèrent et ne tardèrent pas à succomber; leur insuccès fit abandonner les tentatives ou du moins refroidit considérablement le premier enthousiasme.

Survint le blocus continental. M. Deyeux, rapporteur d'une commission spéciale de l'Institut, nommée sur l'invitation de l'Empereur, présenta son travail en 1810, et mit sous les yeux de Napoléon Ier deux pains de sucre d'une qualité égale à celle du sucre de canne.

Dès lors, l'Empereur, avec cette largeur de vues et cette générosité que nous avons, plus tard, retrouvées en Napoléon III, s'empressa d'accorder à la sucrerie naissante tous les encouragements de sa haute protection. Argent, honneurs, distinctions, rien ne fut épargné, et un décret impérial du 15 janvier 1812 organisa, pour la première fois, des écoles spéciales et constitua l'industrie sucrière[1].

Les dénégations et les haines ont beau faire et se débattre contre ce qui est : c'est à l'empereur Napoléon Bonaparte que la France et l'Europe sont redevables de la création effective de la sucrerie indigène, de cette industrie qui nourrit et enrichit par année plus d'hommes que les batailles les plus sanglantes n'en ont détruit, qui est la base actuelle de tout le travail agricole européen et, malgré les aveugles outrages des partis, le nom de Napoléon restera attaché à des institutions sans nombre, toutes de la plus haute utilité, à des institutions fécondes, auxquelles il sut inspirer l'élan et la force. L'industrie sucrière lui doit tout, et c'est elle surtout qui conservera le souvenir de son véritable fondateur.

C'est avec un plaisir réel que nous avons vu, dans l'ouvrage de Walkhoff, la reconnaissance précise de ces faits, et nous ne pouvons nous empêcher de reproduire le passage de sa préface dans lequel il rend à la France et à l'Empereur un témoignage aussi net qu'affirmatif :

« A la France appartient l'honneur d'avoir relevé l'industrie (sucrière) abandonnée, et de l'avoir développée avec le plus magnifique résultat. *Sous la protection de l'aigle impériale*, elle prit le développement vivace de sa première origine, et l'on est porté à donner à Napoléon Ier le titre de *second père de la sucrerie de betterave* et de *consacrer à sa mémoire ce pacifique laurier*. Des encouragements de toute espèce excitaient l'esprit d'investigation des Français; ainsi, par exemple, le 2 janvier 1812, M. Benjamin Delessert recevait la croix de la Légion d'honneur,

1. V. *Notes justificatives*.

comme une récompense de ses succès dans la fabrication du sucre de betterave, et des prix nombreux, des faveurs de tout genre stimulaient l'industrie vers un but commun [1]. »

Si, d'un côté, le chef illustre de la nation française employait les moyens les plus puissants pour doter le monde, après la France, des bienfaits d'une industrie nouvelle, de l'autre, les savants, les chercheurs, les chimistes français savaient répondre à l'appel auguste qui leur était fait. Tous rivalisaient de zèle et de travail, et ceux-là même qui, deux ans plus tard, devaient se courber devant de nouvelles idoles et renier leur passé, ceux-là fondaient des fabriques, formaient des ouvriers, créaient le sucre!

Chaptal était du nombre de ces pionniers de la sucrerie, et il ne fut pas un des champions les moins utiles de cette cause. La faute ne doit pas faire oublier ce qui mérite l'éloge...

Déjà un grand exemple avait été donné par Achard, dont la courageuse intégrité affirme la nationalité autant que toutes les autres preuves réunies. Dans un pays où tout était achetable dès cette époque, il sût se montrer digne de son origine française, en refusant les offres pécuniaires de l'Angleterre, intéressée à étouffer son ennemi naissant. Le témoignage de ce désintéressement chevaleresque et de ce dévouement éclairé à la cause de la France nous est fourni par les œuvres du prince Louis-Napoléon Bonaparte, qui chercha, lui-même, lorsqu'il fut monté sur le trône de France, à améliorer la situation de l'industrie sucrière (1860), aussi bien que de toutes les branches de notre industrie agricole.

Ces faits sont à l'honneur d'Achard; nous les revendiquons pour la France, à laquelle il a su prouver ainsi qu'il appartenait toujours par le cœur et les sentiments patriotiques.

L'histoire de la sucrerie de betterave se trouve consignée, en réalité, dans l'exposé des débuts de la sucrerie française, à partir du moment où l'élan dont nous avons parlé fut imprimé à cette précieuse découverte, et c'est dans le résumé de ces premiers travaux que nous allons trouver le complément des notions

1. *Rübenzuckerfabrikant* (p. 5). Nous avons traduit *littéralement* ce passage remarquable, ainsi que tout ce que nous avons cité de l'ouvrage de Walkhoff, au risque de nous trouver *un peu éloigné* de ce qu'on nous a donné comme *traduction*. N. B.

préliminaires relatives à notre racine saccharifère et à son traitement sucrier.

II. — DÉBUTS DE LA SUCRERIE INDIGÈNE.

De 1799 à 1806, la question de la fabrication du sucre de betterave n'avait pas encore fait des progrès bien sensibles. A part quelques fabriques allemandes, quelques essais peu fructueux en France et en Russie, la sucrerie indigène ne comptait encore que de rares partisans, des chercheurs obstinés, de ceux-là qui trouvent ou périssent à la tâche.

La conduite tyrannique de l'Angleterre sur l'Océan, depuis 1805, les moyens monstrueux par lesquels cette marchande universelle cherchait à acquérir le monopole du commerce dans le monde entier, les mesures iniques ou barbares, contraires au droit des gens, par lesquelles elle exerçait le plus odieux des despotismes, avaient soulevé la réprobation universelle. Les États-Unis s'en étaient émus et avaient commencé à exercer de justes représailles, et Napoléon avait écouté jusque-là les conseils de la prudence et de la magnanimité, lorsque la déclaration de blocus, faite par l'Angleterre (16 mai 1806), contre tous les ports situés entre Brest et Hambourg, mit le comble à cet excès d'audace. L'Empereur répondit à cette insolente provocation par le décret du 21 novembre 1806, *daté de Berlin*, qui déclarait le blocus des îles Britanniques [1]. Cette mesure violente, provoquée par les agissements de l'Angleterre, souvent critiquée par des philosophes spéculateurs, n'était, en réalité, qu'un acte de justes représailles et de légitime défense.

Le réseau continental devant se priver, dès lors, de toutes communications avec les Anglais, et les mers atlantiques étant devenues le théâtre de luttes acharnées qui ne permettaient plus aux denrées coloniales d'arriver dans les ports français, force fut de chercher à se suffire et à produire les différentes matières que l'on demandait auparavant au commerce maritime. En moins de trois ans, la fabrication de la soude fut fondée, et il fut créé plusieurs centaines de fabriques de sucre de betterave sur le territoire de l'empire français.

On lit dans le *compte rendu* du Ministre de l'intérieur sur la situation générale en 1811 et 1812 :

1. V. dans les *Notes* les considérants de ce décret.

« **Industrie nouvelle.** — *Sucre de betterave.* — Dès cette année les manufactures de sucre, que l'on extrait de la betterave, nous donneront 7 millions de livres pesant de cette denrée; elle est préparée dans 334 manufactures qui, presque toutes, sont actuellement en activité. Cette quantité peut être considérée comme la moitié au moins de nos besoins actuels; mais on est parvenu à substituer au sucre, dans les usages domestiques, du sirop de raisin, dont plusieurs millions de livres ont été fabriqués, et des miels mieux purifiés, avec d'autant plus de facilité, que le goût le plus délicat peut à peine s'apercevoir de quelque changement. En supposant qu'un cinquième de la consommation demeure définitivement remplacé par ces substances, la France consommera 40 millions de livres de sucre de betterave, dont la valeur sera de 30 millions.

« On peut compter sur ces résultats pour 1814.

« Nos raffineries sont l'objet d'un produit de 10 millions, qui s'élèvera au moins à 20 millions.

« Avant la Révolution, la France tirait de ses colonies de grandes quantités de sucre qu'elle revendait au reste de l'Europe; elle en gardait pour elle pour 21 millions : dans les six années qui ont commencé en 1802, nous avons reçu de l'étranger, année moyenne, pour 52 millions de sucre; cette importation s'est trouvée réduite à 10 ou 11 millions dans les quatre années qui ont commencé en 1809. »

Tous les hommes d'initiative, capitalistes, agriculteurs et chercheurs s'étaient mis résolûment à l'œuvre pour créer la nouvelle industrie, issue de la découverte de Margraff. Tous rivalisaient de zèle et de dévouement pour obtenir des résultats avantageux, et jamais, peut-être, dans les siècles antérieurs, on n'avait vu une aussi noble lutte aussi vaillamment soutenue.

Presque tous s'empressaient de publier leurs découvertes, heureux qu'ils étaient de concourir au progrès et au bien général.

La Société d'encouragement pour l'industrie française enregistrait et faisait connaître tous les efforts, toutes les tentatives...

Travaux de M. Drapiez. — On trouve quelques détails curieux dans un mémoire adressé à la Société par M. Drapiez, pharmacien à Lille, le 20 février 1811. Nous en extrayons *in extenso* ce qui nous a paru devoir intéresser nos lecteurs.

M. Drapièz indique les résultats suivants de diverses expériences faites par lui sur les végétaux qui *lui* ont paru contenir le plus de matière sucrée ; nous citons textuellement :

« 100 parties de racines de *carotte*, desséchées et traitées par l'alcool, m'ont donné 14 parties de moscouade très-belle et très-agréable ;

« 100 parties de racines de *panais*, traitées de la même manière, ont rendu 12 parties et demie de moscouade moins agréable que la précédente ;

« 100 parties de *navet*, 9 parties de moscouade très-bonne ;

« 100 parties de *chervi*, 8 parties de bonne moscouade ;

« 100 parties de *réglisse* ont fourni avec difficulté 7 parties de moscouade, qui a constamment conservé le goût de l'extrait, il en fut à peu près de même des racines du *froment rampant* (le *chiendent* des officines) ;

« 100 parties de ces dernières ont fourni 4 parties et demie de moscouade un peu moins désagréable que la précédente ;

« 100 parties de tiges de *maïs*, traitées comme les racines, n'ont produit que 5 parties de moscouade plus belle, mais non plus agréable que celle de la carotte ;

« 130 parties de suc de *bouleau* ont donné 1 partie de moscouade peu agréable.

« Toutes ces opérations sont, en général, beaucoup plus dispendieuses que celle qui a pour but l'extraction du sucre de la betterave ; elles sont aussi moins avantageuses, puisque, toutes circonstances égales, 100 parties de *betterave* ont produit 19 parties et demie de moscouade. »

Après avoir rappelé que Margraff fut le premier qui, dès 1747, annonça que le sucre existe *tout formé* dans la betterave, et qui indiqua des procédés pour son extraction, M. Drapièz constate que ce fait immense resta enseveli jusqu'à ce que, quarante ans plus tard, le chimiste Achard *le reproduisit avec toutes les prétentions de la nouveauté*...

Voici en quels termes M. Drapièz rend compte de la méthode et de la marche qu'il a suivies pour l'extraction du sucre de betterave :

« Vers la fin du mois d'octobre, je rassemblai toutes les betteraves blanches, jaunes ou rouges, que je pus recueillir dans les environs de Lille ; la quantité fut très-considérable, parce que les cultivateurs, qui ne comptaient point sur les regains

des prairies, en recueillirent de très-beaux, et les préférèrent aux racines pour la nourriture des bestiaux. Les betteraves, après avoir été émondées, furent coupées, à l'aide d'un appareil disposé à cet effet, par morceaux de la grosseur du pouce environ ; elles furent portées ensuite au moulin, qui les réduisit en pulpe ou sorte de bouillie épaisse ; cette pulpe fut enfermée dans des sacs de crin et placée entre deux madriers que serraient des coins enfoncés par un mouton adapté au mécanisme du moulin ; soumise à une pression très-considérable, elle laissa écouler toute la partie liquide, qui se rendit dans un réservoir placé sous la presse.

« Au sortir des sacs, la matière était presque sèche et friable ; elle avait perdu les 0,78 de son poids, et ne contenait plus qu'une infiniment petite portion de sucre, qui n'était point susceptible de couvrir les frais qu'aurait exigés sa séparation ; aussi me suis-je contenté de déposer cette matière dans de grands réservoirs, et de l'y délayer avec une quantité d'eau suffisante pour lui faire éprouver la fermentation alcoolique.

« Le suc exprimé des betteraves fut immédiatement, et à mesure qu'il découlait, porté dans une chaudière très-évasée ; là, par une première évaporation, on réduisit la liqueur à moitié de son volume et, pendant l'opération, on ne jeta dans la chaudière que quelques morceaux de carbonate de chaux et de la poudre de charbon : le premier, pour neutraliser le peu d'acide qui se forme pendant la concentration des liqueurs ; l'autre, pour leur enlever le goût aromatique et les empêcher d'acquérir une trop grande intensité de coloration.

« Le suc, ainsi évaporé, fut filtré à travers une toile serrée qui recouvrait un panier d'osier, et distribué dans des réservoirs ou tonneaux défoncés d'un côté : par cette opération, on sépara toute la fécule grossière qui avait été entraînée par le liquide lors de l'expression. Quand la liqueur fut refroidie, on la traita avec l'*acide sulfureux*, au moyen d'un appareil particulier. L'acide sulfureux remplit plusieurs fonctions extrêmement importantes ; il détruit la matière colorante ; il coagule une partie des principes qui constituent le mucoso-sucré, et agit si puissamment sur la matière extractive, qu'il la rend insoluble et la précipite presque sur-le-champ. Il faut bien avoir soin, pendant tout le temps que dure le dégagement de

l'acide sulfureux, d'agiter constamment, afin que toutes les parties du liquide puissent se trouver en contact avec l'acide.

« Après quelques heures de repos, on reversa dans la chaudière le sucre de betterave traité par l'acide sulfureux, et on procéda à une nouvelle évaporation, poussée comme la première jusqu'à réduction d'environ moitié du volume. Alors on projeta, à plusieurs reprises, de petites quantités de chaux éteinte à l'air, mêlée de carbonate de chaux réduit en poudre. Par ce moyen, on neutralisait et précipitait les acides qui se formaient pendant l'évaporation, ainsi qu'une petite portion d'acide sulfurique formée aux dépens de l'acide sulfureux qui pouvait se trouver en excès, et qui, rencontrant assez d'oxygène dans les corps environnants, devait nécessairement se saturer de ce principe et passer au *maximum* d'acidification.

« Quelquefois, la saturation des acides ne se trouvant point assez activée par la chaux, on avait recours aux cendres légèrement lessivées. Enfin, lorsque le suc fut suffisamment accourci, ce dont on s'assura par les procédés usités dans les raffineries de sucre de canne, on procéda à la clarification de la manière suivante :

« On abaissa tout à coup la température du liquide par l'addition, dans la chaudière, d'une certaine quantité de sirop froid provenant de l'égout de la moscouade d'une opération précédente, et l'on versa un seau de sang de bœuf, en agitant ou mouvant fortement le mélange avec une grande spatule de bois, que les ouvriers nomment *mouveron*. Après avoir bien remué pendant quelque temps, on laissa les écumes se former, et, lorsqu'elles furent assez épaisses, on les enleva avec l'écumoire. Si l'on s'apercevait que la liqueur n'avait point jeté toutes ses écumes, on avait recours à de nouvelles additions de sang, jusqu'à ce qu'elle eût atteint le degré d'épuration requis. Alors, on poussa la cuite autant qu'on le put sans risquer de la brûler; puis, on distribua la liqueur dans des cristallisoirs évasés, et on l'abandonna au repos dans l'étuve. Bientôt on vit se former à la surface une foule de petits cristaux que l'on sépara, de même que ceux qui se rassemblaient sur les parois des vases; chaque jour, on répéta la même manœuvre, tant que dura la précipitation cristalline. Une fois terminée, le résidu ne présentait plus qu'une solution mucilagineuse, épaisse, gluante et peu sucrée, dont on ne pouvait tirer d'autre parti

que de la soumettre aux fermentations alcoolique ou acéteuse.

« Les cristaux que l'on avait séparés du mucoso-sucré ont été dissous dans leur poids d'eau et soumis à une nouvelle clarification. En cet état, la dissolution, parfaitement claire et transparente, constituait le véritable sirop; il avait une couleur ambrée tirant même sur le marron, une saveur fraîche et agréable, ne retenant presque rien de celle de la racine qui avait produit le suc : tel qu'il était, il pouvait servir à la plupart des usages domestiques sans blesser le goût des personnes même les plus sévères. C'est de ce sirop, suffisamment accourci, que l'on a pu obtenir une bonne moscouade. Des caisses de chêne avaient été disposées à cet effet; elles étaient doubles : la supérieure, plus grande, avait son fond incliné de 15° à 18° et percé de plusieurs trous à sa base. Cette première caisse s'emboîtait dans une seconde, beaucoup plus basse et plus soigneusement travaillée. On distribua le sirop dans les caisses supérieures, dont on avait auparavant bouché tous les trous avec des chevilles que l'on pouvait facilement enlever. Ce sirop, en se refroidissant, déposa de petits cristaux sur toutes les parois; il s'en forma également une croûte à la surface; on brisa cette croûte et on détacha tous les cristaux à mesure qu'ils se formèrent. On réitéra cette manipulation jusqu'à ce que tout le sirop ne présentât plus qu'une masse humide; on enleva les chevilles, et la matière sirupeuse incristallisable fut reçue dans la caisse inférieure. Dix jours de purgation ont suffi pour dessécher la moscouade, au point de pouvoir la tirer des caisses et l'étendre sur des claies recouvertes de toiles serrées; exposée à l'air, elle s'y sécha très-promptement. Elle était d'un très-beau grain, d'un gris blanc tirant sur le blond : elle avait presque entièrement perdu le goût de betterave.

« La moscouade, portée dans une chaudière au raffinage, fut dissoute par une suffisante quantité d'eau de chaux affaiblie. A la première ébullition, on enleva soigneusement l'écume; on ajouta alors un seau d'eau chargée d'albumine ou de blancs d'œufs, afin de rendre la clarification complète; on enleva les nouvelles écumes qui se produisaient et, lorsque l'on n'en aperçut plus, on filtra à travers un blanchet. Après la filtration, on procéda à la cuite en agitant continuellement le sirop, pour éviter qu'il ne brûle, ou qu'en se boursouflant il ne passe les bords de la

chaudière. La cuite achevée, on laissa refroidir le sirop; on le distribua de nouveau dans les caisses dont il est déjà parlé; on suivit exactement la même manœuvre, à l'exception que, lorsque la masse cristalline fut égouttée, au lieu de la retirer des caisses, on en recouvrit la surface d'une couche d'argile blanche, délayée avec assez d'eau pour prendre la consistance d'une bouillie épaisse;

« Peu à peu, l'eau que l'on avait employée au délayement de l'argile, obéissant à son propre poids, traversa les petits cristaux de sucre, et emmena avec elle, par les trous de la caisse, la matière sirupeuse restée adhérente à la surface de ces cristaux. Quelques jours après que l'argile se fut dépouillée de son eau, on l'enleva de la surface du sucre, puis on culbuta les caisses afin d'en retirer la masse, que l'on porta à l'étuve pour achever la dessiccation. Le sucre, ou plutôt cette cassonade, était d'un blanc mat tirant légèrement sur le fauve, d'une saveur très-agréable et d'une qualité peu différente de celle qu'on nomme vulgairement *sucre bâtard;* seulement, il avait moins de consistance et s'égrenait par la plus faible pression.

« Pour raffiner ce sucre autant qu'il pouvait l'être et lui donner l'aspect du sucre royal ou de Hollande, on le fit dissoudre dans une eau chargée de blancs d'œufs et d'une très-petite quantité de chaux; on fit bouillir légèrement ce sirop, on l'écuma, puis on filtra à travers un blanchet. On répéta cette opération trois fois; enfin, on poussa la cuite, et on distribua le sirop dans les formes (vases de terre coniques généralement connus). Après que le sirop se fut concrété, on déboucha la pointe des formes, et le sirop non cristallisé égoutta dans les pots; l'égout terminé, on gratta la surface, que l'on recouvrit d'une couche très-mince de sucre en poudre, puis on procéda à un nouveau terrage, que l'on prolongea longtemps, en humectant la terre à mesure que l'eau s'en séparait. Au bout de vingt-quatre jours, on laissa sécher; lorsque les pains furent presque blancs, on les tira des moules, puis on les porta à l'étuve pour y parfaire la dessiccation.

« Telles sont les opérations qui m'ont paru les plus favorables et les plus avantageuses pour l'extraction du sucre de la betterave. Faisons maintenant un compte exact des dépenses sur une quantité donnée; par exemple, 50,000 kilogrammes

de betteraves. Quoique l'opération ait été faite sur une quantité beaucoup plus grande, il sera facile d'évaluer sur celle-ci la somme totale des dépenses.

75 kilos Betteraves = 1 k. de sucre raffiné

1° *Sirop clarifié et concentré.*

Achat de 50,000 kilogrammes de betteraves............	632 00	Produit, 1,649 kilogrammes de sirop, lesquels, à raison de 1 fr. 16 c. ci..................	2,912 84
Salaire d'ouvriers, location d'usine, frais d'opérations, achat de combustible................	1,281 00		
	1,913 00		

2° *Moscouade.*

Salaire d'ouvriers, location d'appareils, frais d'opérations, consommation de combustible.........	259 80	Produit, 1,238 kilogrammes de moscouade, lesquels, à raison de 1 fr. 75 c. 1/2.......	2,172 69
	2,172 80		

3° *Cassonade blanche.*

Salaire d'ouvriers, frais d'opérations, consommation de combustible.....	228 38	Produit, 743 kilogrammes de cassonade, lesquels, à raison de 3 fr. 23 c. 1/4.................	2,401 75
	2,401 18		

4° *Sucre raffiné.*

Salaire d'ouvriers, location de formes, frais d'opérations, consommation de combustible.........	269 35	Produit, 661 kilogrammes de sucre raffiné, lesquels, à raison de 4 fr. 4 c. ci.................	2,670 44
	2,670 35		

« Le produit du sirop de l'égout des différents raffinages a été réuni au sirop de l'opération n° 1, et fait partie des 1,649 kilogrammes.

« Quant aux écumes, elles ont été jetées dans les marcs de betteraves en fermentation, ainsi que le mucoso-sucré et autres matières hétérogènes liquides, dont on avait séparé en premier lieu tous les cristaux de sucre. La distillation de ces matières fermentées a produit beaucoup d'alcool, mais d'un goût extrêmement désagréable : il n'a pu servir qu'à la préparation des

vernis. Comme dans la distillation l'on n'a point apporté de grandes précautions à recueillir tous les produits, il en résulte que l'on n'a pu en constater exactement la quantité; néanmoins, elle a suffi pour dédommager des frais, et procurer même un léger bénéfice.

« Le procédé que je viens de décrire est loin d'être parfait: je ne le regarde, au contraire, que comme une ébauche susceptible de grands perfectionnements, que nous devrons à une pratique constante et éclairée; ils diminueront infailliblement les frais d'opérations que, dans mes calculs, j'ai dû exagérer peut-être, ne voulant point induire en erreur ceux que les avantages de cette fabrication détermineraient à l'entreprendre: dès lors la valeur des produits baissera, et en peu de temps les sucres indigènes pourront avoir un cours fixe. Déjà ce procédé présente quelques avantages sur ceux employés jusqu'à ce jour, en ce qu'il économise une grande main-d'œuvre; et l'on ne peut se dissimuler que c'est là le point essentiel dans de grands établissements, où l'on a d'abord proposé de râper les betteraves à la main. On sent bien que cette méthode est impraticable en grand : elle n'a pu être appliquée qu'aux essais, ensuite on s'est servi du moulin à râpe; l'application était longue, dispendieuse et peu facile. Le moulin dont je me suis servi râpe et broie tout à la fois : les racines ne font qu'y passer, et elles sont réduites en pulpe très-fine; en outre, le même moteur est appliqué aux trois machines principales, le moulin, le coupoir et la presse. Au moyen de cette réunion, trois ouvriers ont fait en cinq jours ce que douze n'eussent pas fait en un mois, si j'eusse employé les moyens proposés d'abord.

« Il ne reste donc plus aucun doute sur les avantages résultant de l'extraction du sucre de la betterave; ils sont infiniment supérieurs à ceux que présente la conversion du moût de raisin en sirop ou en sucre, puisque ce dernier le lui cède de près de moitié en qualité sucrante, et qu'il n'a pu encore être amené, comme le sucre de la betterave, à la forme cristalline, à l'aspect, à la saveur du sucre de canne raffiné. Mais de nombreuses difficultés s'opposeront à l'établissement des grandes fabriques : notre sol fournira-t-il assez de betteraves pour les alimenter sans que les autres cultures en souffrent, sans que les intérêts du cultivateur en soient froissés? Car sa

prospérité dépend d'un alternement bien entendu dans toutes les cultures. En admettant la supposition que la quantité de betteraves soit suffisante, et que leur prix reste convenable, le spéculateur sage pourra-t-il se permettre de penser que les circonstances actuelles se prolongeront assez pour que les frais considérables d'établissement soient couverts par les bénéfices de fabrication, jusqu'à ce qu'un événement après lequel chacun soupire, en ramenant le bonheur et la tranquillité, rétablisse le prix des sucres exotiques comme il doit être dans le calme des affaires, dans la sécurité des États, et dont les sucres indigènes ne peuvent encore soutenir la concurrence? Il est à craindre que ces réflexions ne fassent échouer d'avance les tentatives des hommes les plus dévoués à l'entreprise, et les encouragements décernés par une réunion célèbre, quelque magnifiques qu'ils soient, resteront sans effet. *Je pense qu'il n'appartient qu'au héros qui règle les destinées de notre vaste empire d'aplanir toutes ces difficultés : qu'il accorde aux cultivateurs des primes qui assureront une ample récolte de betteraves; qu'il crée des manufactures impériales dont il confiera la libre direction à des savants manipulateurs, sous la seule condition qu'à des époques indiquées il sortira de leur fabrique une quantité déterminée de sucre*, qui leur sera payée à un taux fixé par une délibération spéciale; qu'il établisse une école pratique de perfectionnement, où des élèves, sous un maître habile et d'une grande réputation, se formeront dans l'art d'extraire le sucre de nos végétaux; que surtout il charge le professeur de cette école de rédiger une instruction claire, bien détaillée, des opérations délicates de cet art nouveau, afin qu'elles deviennent familières aux hommes les moins versés dans la chimie pratique : alors nous pourrons concevoir l'espérance de nous passer du sucre des colonies, au moins en temps de guerre, et peut-être qu'à force de réitérer, de varier les opérations, nous les amènerons à un degré de perfectionnement tel, que, même dans les temps ordinaires, les fabriques de sucre indigène trouveront encore des avantages qui en soutiendront l'établissement. *Ce bienfait*, en ajoutant un rayon à la gloire du prince, *affranchit la patrie d'un tribut affligeant*[1]. »

1. Comparer ce passage avec les termes du décret impérial. *Notes justificatives.*

Nous avons déjà dit quelques mots au sujet du procédé suivi par M. Drapièz pour l'*extraction* du jus de betterave. Voici encore quelques détails à ce sujet.

Après avoir fait débarrasser les betteraves du collet et des radicules, M. Drapièz les faisait jeter dans une auge, où elles étaient divisées en morceaux de la grosseur de $0^m,027$, à l'aide de quinze pilons armés de couteaux à double tranchant, qui étaient soulevés et abaissés alternativement, au moyen d'un arbre tournant garni de cames.

A mesure que les betteraves étaient ainsi coupées, on les jetait par un couloir dans une trémie, d'où elles passaient sur un moulin composé d'une noix cylindrique garnie de dents de fer et tournant dans une auge circulaire, armée intérieurement de dents correspondant aux précédentes. Ce moulin, qui avait beaucoup d'analogie avec ceux employés pour la pulvérisation du café, faisait l'office de râpe, opérait le déchirement des betteraves et les réduisait en pulpe.

Cette pulpe, recueillie dans un cuvier, était enfermée dans des sacs de crin qu'on plaçait entre des madriers mobiles, serrés par des coins qui étaient enfoncés à l'aide de moutons élevés par un cylindre garni de cames. Ces sacs éprouvaient une compression latérale tellement forte que, suivant M. Drapièz, tout le suc qui découlait dans un réservoir placé sous la presse était exprimé de la pulpe, et qu'il ne restait dans les sacs qu'une matière presque sèche et friable.

Cette presse à coins était semblable à celle usitée dans le nord de la France pour l'expression des graines oléagineuses, et l'ensemble du mécanisme était mû par un manége.

Remarquons, en outre, que M. Drapièz a conseillé et pratiqué le mutisme des moûts de betteraves par l'acide sulfureux et le sulfite de chaux, d'après les idées émises par Proust, en sorte que M. Melsens est loin d'avoir inventé la méthode du mutisme. Il ne nous semble pas inutile de rappeler au lecteur ces origines, parfaitement établies par des témoignages irrécusables, où l'on retrouve le *point d'émergence* des inventions de nos *génies* modernes. Le nombre de ces imitateurs est grand, et c'est un devoir de dévoiler les sources où ils puisent de trop faciles découvertes.

Méthode de Lampadius. — Comme chacun le sait au-

jourd'hui, c'est à l'Allemagne que l'Europe doit l'industrie de la sucrerie indigène, et bien que les savants et les industriels des autres pays aient depuis contribué à établir et perfectionner l'art nouveau, il n'en est pas moins vrai que la Prusse et même l'Autriche furent, pendant plusieurs années, à la tête des nations européennes pour cette fabrication.

Dès 1810, une fabrique d'Augsbourg livrait à la consommation plus de 10,000 kilogrammes de sucre brut de betteraves et, à la même époque, Lampadius dirigeait l'établissement fondé à Bottendorf, en Saxe, sur des principes que ne désavouerait pas aujourd'hui l'économie agricole.

Voici les procédés suivis alors sous la direction du professeur Freyberg, et dont nous empruntons le détail au *Bulletin de la Société d'encouragement* (juin 1811).

1° On commence par choisir les betteraves qui paraissent contenir le plus de matière sucrée. *La quantité de cette matière varie, suivant le climat, la nature du sol et l'espèce de betteraves, depuis 1 jusqu'à 4 pour 100 et au-dessus*[1]. Un terrain sablonneux et argileux, et une saison médiocrement humide, sont très-favorables à ce végétal, dont la récolte doit se faire avant la fin d'octobre.

2° *Tous les déchets, tels que le collet, les radicules et les feuilles, doivent être employés pour la nourriture et l'engrais des bestiaux; c'est pourquoi il convient de réunir une exploitation rurale à une fabrique de sucre de betteraves.*

3° Les betteraves, après avoir été lavées, sont portées dans un moulin qui les réduit en pulpe. Ce moulin est composé d'un arbre tournant, mû par une roue à aubes, portant un tambour en bois formé de forts liteaux fixés sur des cercles, lesquels sont à leur tour maintenus par des croisillons engagés dans l'arbre tournant. Ce tambour en bois est entouré d'une forte plaque en fer-blanc percée de trous et faisant par ses aspérités l'effet d'une râpe cylindrique et creuse. Les betteraves sont jetées dans des trémies creuses, où elles sont pressées par des couvercles chargés de poids. On conçoit que le mouvement de la râpe opère leur déchirement et les réduit ainsi aisément en

1. On voit qu'à cette époque l'étude attentive des variétés de la betterave n'avait pas encore été faite, et que l'on ne connaissait pas nos belles variétés, dont la richesse saccharine peut s'élever de 8 à 17 pour 100.

pulpe. Le suc est recueilli dans une grande caisse placée au-dessous. Cette machine peut débiter 4,500 à 4,750 kilogrammes par jour.

4° La pulpe retirée de la caisse est placée entre des tissus de crin et fortement comprimée à l'aide d'un grand pressoir.

5° Le résidu est promptement séché dans un séchoir à drêche; en ajoutant à chaque livre (489 grammes) de ce résidu 1 gros ($3^{gr},824$) d'huile d'olive, on peut en former une boisson qui a quelque analogie avec le café; cette denrée est assez recherchée : *on la vend* 50 *centimes la livre.*

6° On fait bouillir le plus promptement possible, dans des chaudières de cuivre, le suc exprimé; à 600 livres ($293^{k},70$) de suc on ajoute, après le refroidissement, 3/4 *de livre* (367 grammes) *de chaux éteinte* et 2 pintes ($1^{lit},86$) de lait. On écume soigneusement pendant l'ébullition, et on verse ensuite le liquide dans de grandes caisses de bois, où il se clarifie.

7° Après vingt-quatre ou quarante-huit heures de repos, on en retire environ les deux tiers parfaitement clairs; on laisse concentrer cette quantité à une chaleur de 60° du thermomètre de Réaumur, jusqu'à consistance de sirop, en agitant continuellement et avec soin.

8° Ce sirop, versé dans de grands vases de fer-blanc peu profonds, est placé dans des étuves chauffées à 30°; les cristaux se forment au bout de six à huit jours.

9° La moscouade étant assez difficile à séparer du sirop, qui y est très-adhérent, on la met entre des tissus de crin préalablement humectés, et on lui fait subir une pression modérée. Cette opération étant répétée plusieurs fois, il reste une moscouade brune, grenue et d'une saveur peu agréable; le sirop très-épais qui résulte de l'expression n'est pas propre à être livré au commerce.

10° Le raffinage se fait assez bien à la manière ordinaire; cependant on a remarqué qu'on obtenait de bons effets en ajoutant à la dissolution un peu de lait qu'on fait préalablement cailler en y mêlant quelques cuillerées de vinaigre.

11° On fait bouillir le tiers du suc de betteraves restant du n° 6, jusqu'à consistance de sirop, avec celui exprimé n° 9.

12° On fait passer ce sirop à la fermentation en y mêlant de l'eau chaude et de la levûre de bière; *mais on pourrait aussi*

bien se servir avec avantage des levûres produites par le suc de betteraves [1].

13°. Le sirop fermenté est distillé deux fois, jusqu'à ce qu'il ait acquis la force du *rack;* on le met ensuite digérer dans un tonneau, en ajoutant par pinte (0^{lit},931) 1/2 once (15^{gr},295) de riz pulvérisé et autant de poussière de charbon. Après quelques semaines, on soutire cet esprit, on y mêle par pinte 1 gros de vinaigre distillé et on le colore avec du caramel. Cette liqueur est parfaitement égale en qualité au rack; on en a vendu quelques milliers de bouteilles.

Observation. — Lampadius réunissait déjà l'idée agricole à l'idée industrielle. Il n'employait que 1 gramme 1/2 de chaux *éteinte* par litre de jus, quantité qui est fort éloignée de celle dont on se sert aujourd'hui.

Méthodes et procédés de Ch. Derosne. — Derosne commença par des essais en petit, sur quelques centaines de kilogrammes de betteraves; il put cependant présenter un pain de sucre pour échantillon à la Société d'encouragement et, le 3 avril 1811, Descostils rendait compte des procédés communiqués par cet habile pharmacien, dans un rapport intéressant, où nous pouvons puiser d'utiles renseignements et découvrir notamment l'origine de la *défécation par la chaux*, et du *procédé* dit *par l'alcool*, au sujet duquel bien des gens se sont agités depuis.

Nous en extrayons la partie la plus importante :

« Le procéde de M. Derosne repose sur trois points principaux : 1° l'emploi de la chaux caustique; 2° celui de l'alun; 3° enfin l'*usage de l'alcool*... Les moyens mécaniques employés ne sont pas applicables en grand... Ils n'ont donné en suc que les 63 centièmes du poids des betteraves : le liquide marquait à l'aréomètre 8° 1/2.

« Pour chaque litre de liqueur, M. Derosne prescrit d'ajouter 2^{gr},4 ou 25 décigrammes de chaux vive [2], que l'on a réduite en

1. Cette possibilité de se passer de levûre de bière constitue une des prétendues *découvertes modernes* qui ont fait le plus de fracas à l'époque de la crise des alcools (1854).

2. 2^{k},400 par 1000 litres.

poudre par le moyen d'une petite quantité d'eau, et qu'il sait ne contenir dans cet état que les deux tiers de son poids de chaux caustique sèche. Il faut délayer la quantité de chaux nécessaire dans un volume d'eau suffisant pour en faire un lait un peu épais. Après le mélange, on fait bouillir le suc et l'on sépare les écumes à mesure qu'elles se forment ; on laisse ensuite déposer la liqueur, que l'on décante lorsqu'elle est claire. Le dépôt est jeté sur une chausse.

« Le suc décanté est divisé en *petites portions que l'on fait évaporer séparément* à un feu vif, jusqu'à ce que la liqueur marque 30° à l'aréomètre. A ce point, on clarifie avec le sang de bœuf et un peu d'alun. Le sirop clarifié doit être ensuite évaporé jusqu'à 38°, à une chaleur très-ménagée : on le fait alors cristalliser dans une étuve.

« Pour séparer le sucre d'avec le sirop, on emploie l'action de la presse, et l'on obtient une moscouade d'un très-bon grain.

« Pour le raffiner, M. Derosne a essayé deux méthodes.

« Une portion de moscouade fut traitée avec le vingtième de son poids d'eau et soumise ensuite à la presse; il en sortit un sirop très-noir; le sucre resté sur la toile était encore très-humide, et paraissait par cette raison avoir peu gagné en couleur.

« Sur l'autre portion de moscouade on versa le dixième de son poids d'alcool du commerce à 34° (86°,2). Après l'expression, le sucre se trouva beaucoup plus beau et plus sec que le précédent. La portion traitée à l'eau avait diminué de près d'un quart de son poids ; celle qui avait été traitée par l'alcool n'avait perdu qu'un septième.

« Les deux qualités de sucre ayant été mêlées, M. Derosne essaya de les clarifier au blanc d'œuf; mais il ne put y réussir. Présumant que le défaut de clarification provenait d'un excès de chaux, il ajouta au sirop une dissolution d'alun, qui produisit aussitôt un effet merveilleux, pour nous servir de son expression. Non-seulement la liqueur s'éclaircit, mais elle perdit considérablement de sa couleur et, ce qui est plus important encore, un mauvais goût qu'elle avait auparavant disparut immédiatement. Il en résulta un sirop que le meilleur dégustateur aurait prononcé être fait avec le sucre de canne; ce sirop, ayant été cuit en consistance convenable pour fournir un pain.

a été versé dans une forme, et l'on a remplacé le terrage par l'alcool...

« M. Derosne ne reconnaît à la chaux et à l'alun d'autre effet que de précipiter les matières colorantes et extractives avec lesquelles les substances terreuses se combinent. Hermstaedt regarde la chaux comme la seule substance essentielle pour obtenir le sucre et il rejette l'alun; mais il est possible que dans certaines circonstances ce dernier sel soit inutile, et que dans d'autres il soit nécessaire; peut-être aussi l'avait-on prescrit à trop fortes doses en Allemagne.

« L'opinion de M. Derosne sur l'effet de la chaux mérite la plus grande attention; car, si elle est exacte, il en résulte que l'emploi du carbonate calcaire (craie) est parfaitement inutile.

« L'*usage de l'alcool* pour dépurer les moscouades et remplacer le terrage *est un procédé nouveau* [1]. M. Derosne le croit très-praticable... »

Observations. — Il est remarquable que, quarante-huit ans après ce document, on ait voulu *ressusciter comme une nouveauté* l'emploi de l'alcool en sucrerie.

Moins d'une année plus tard, le 8 janvier 1812, Ch. Derosne lut à la Société une notice dans laquelle, après diverses réclamations relatives à l'emploi de la chaux, il indique quelques modifications faites par lui à son procédé.

Laissons de côté les réclamations de priorité et arrivons aux changements opérés dans la méthode que nous avons exposée tout à l'heure.

Derosne, abandonnant l'emploi de l'alun, et même rejetant son procédé antérieur, déclare qu'il le croit inférieur au procédé d'Achard, malgré les préventions qu'il avait d'abord contre l'acide sulfurique;

Il ajoute « que l'emploi de cet acide, quoique paraissant contraire aux principes chimiques, est encore celui qui donne le suc le plus incolore, le mieux dépuré; que ce suc a une saveur plus agréable que celui qui a été préparé par la chaux, et qu'il fournit, après son évaporation, le sirop le plus beau et cristallisant le mieux; que, pour l'économie, il ne cède en rien à celui préparé par la chaux; que l'opération pour le préparer est cer-

1. En 1811.

taine, n'est sujette à aucun accident, et que l'ouvrier le moins intelligent peut l'exécuter au bout de vingt-quatre heures. »

Derosne assimile l'effet de l'acide sulfurique à celui de la chaux, et pense que cet acide rend *concrètes* les substances muqueuses, extractives et colorantes, sur lesquelles la chaux a à peu près la même action.

Il indique ensuite le procédé d'Achard tel qu'il l'a exécuté, et qui lui réussit dans sa fabrique.

« Voici les proportions :

Acide sulfurique concentré à 60°.........	2^k,650
Craie en poudre......................	5 ,300
Chaux vive..........................	1 ,600
Lait écrémé et commençant à s'aigrir.....	14 litres.
Suc de betteraves.....................	1000 kilogrammes.

« Voici la manière de procéder :

« Aussitôt que le suc est exprimé, on le verse dans de grandes jarres de terre ou des tonneaux doublés de plomb, et l'on y ajoute de suite l'acide, qu'on a préalablement étendu d'eau dans la proportion de deux parties d'eau pour une d'acide. On laisse reposer ce mélange l'espace de vingt-quatre heures; pendant ce temps, l'acide agit sur certains principes acides du suc, et il se précipite des matières floconneuses surnagées par un liquide parfaitement limpide et presque incolore. Au bout de vingt-quatre heures, on mêle de nouveau le dépôt et le suc acidifié limpide, et on le verse dans des chaudières, sur le fond desquelles on a dû étendre la craie en poudre. On agite le suc au fur et à mesure qu'on le verse, et aussitôt après, on y ajoute un lait de chaux clair, formé avec la quantité désignée.

« On fait chauffer légèrement jusqu'à 20° environ, et l'on ajoute le lait écrémé, qu'on mêle exactement avec un mouveron. On fait chauffer la chaudière, et lorsqu'on voit que l'écume commence à être percée par le bouillon, on cesse le feu; on laisse refroidir pendant deux ou trois heures (un plus long intervalle pourrait compromettre le succès de l'opération), et l'on décante aussitôt avec un siphon, qui ne doit plonger que jusqu'à l'endroit où le dépôt commence à paraître.

« On fait passer le suc à travers une étoffe de laine; il passe en un instant et coule parfaitement limpide et presque incolore. On verse le dépôt sur cette même étoffe, et le suc qui y est en-

core mêlé filtre avec un facilité étonnante. Ce dépôt forme une masse noire, qui se resserre sur elle-même et n'adhère presque pas à la laine.

« Le suc ainsi filtré est versé dans des chaudières disposées de manière qu'un seul foyer central en chauffe trois, et que le courant d'air éprouve des obstacles avant de se rendre dans les deux cheminées des extrémités.

« La chaudière du milieu reçoit toute la violence du feu, et donne une évaporation aussi abondante que rapide. Aussitôt que le suc bouillant marque 18° à 20°, ce qui correspond à 23° ou 25° froid, on le fait passer dans les chaudières latérales, où il continue lentement d'évaporer, jusqu'à ce qu'il marque 33° chaud à + 60° + 70°; alors on le retire trouble et chargé de sulfate de chaux; on le verse dans des pots de terre ou de grès. Au bout de quelques jours, le dépôt est formé, et l'on peut décanter le sirop clair et le mettre dans des plats à l'étuve. »

Derosne fait observer que ses chaudières n'ont pas plus de 81 millimètres de profondeur, et ne sont jamais pleines au-delà de 68 millimètres... « Le suc ne reste pas plus d'une heure et demie dans les chaudières du milieu, et une fois dans les chaudières latérales, il n'a plus rien à craindre du feu. Cette évaporation prompte est très-importante; car, moins le suc reste exposé à l'action vive du calorique, plus le sirop est parfait.

« Une autre précaution à prendre est de ne point laisser le suc de betteraves séjourner dans des vaisseaux de bois, même quelques heures. Quant aux chaudières qu'Achard recommande de chauffer à la vapeur, Derosne a reconnu qu'en prenant les précautions qu'il indique, on n'a rien à craindre. Il a observé que le sirop ne commence à s'altérer à feu nu que *lorsqu'il reste longtemps exposé à son action, et surtout lorsqu'il est parvenu à un certain degré de concentration*. Il pense que la marche de son opération et la forme de ses chaudières le mettent à l'abri de tout accident... »

Le 22 janvier suivant, Descostils rendit compte d'une expérimentation de cette méthode, faite dans la fabrique de Ch. Derosne, sous les yeux d'une Commission. L'expérience avait réussi aussi complétement qu'on pouvait le désirer, mais le rapporteur se borne à l'énoncé du fait, sans chercher à établir de préférence à accorder à l'une quelconque des méthodes, par

la simple raison que *le Comité n'est pas chargé de les comparer* et qu'au surplus il manque des données nécessaires.

Infatigable chercheur, et plein de zèle pour la nouvelle industrie, Ch. Derosne communique, dans le même mois de janvier 1812, un procédé pour obtenir la prompte cristallisation du sucre de betteraves... « Il était important, dit-il, de trouver un procédé au moyen duquel on pût se passer de l'étuvage, opération très-longue et embarrassante, et opérer en très-peu de temps la séparation du sucre brut des mélasses... »

Le procédé qu'il indique est la suite de celui d'Achard relaté plus haut.

Lorsque les sirops seront bien clairs, au lieu de les exposer à l'étuve, on les fera évaporer, soit au bain de vapeur, soit à feu nu, mais alors à une chaleur parfaitement ménagée. On aura soin de les mettre, par couches peu épaisses, sur des vases évaporatoires qui présentent beaucoup de surface. On aidera la concentration du sirop en le remuant de temps en temps, et en l'exposant à un courant d'air rapide. Bientôt il cristallisera, mais d'une manière très-confuse, et il présentera l'aspect d'une pâte grenue. Si le sirop était d'une qualité inférieure, il faudrait, lorsque sa consistance devient épaisse, y ajouter une petite quantité de sucre brut ou moscouade de betterave, la bien mêler avec le sirop, et laisser ensuite ce mélange pendant quelques heures à une chaleur d'environ 60° Réaumur (+ 75 degrés centigrades), sans l'agiter.

« Cette addition d'une moscouade, qui ne doit plus trouver assez de liquide pour être fondue, déterminera la cristallisation du sucre contenu dans le sirop. Alors on continuera d'évaporer pour obtenir la matière pâteuse grenue dont on vient de parler. Lorsque cette matière sera parvenue à la consistance convenable, ce qu'il est très-difficile de bien déterminer, et encore plus de bien décrire, on mettra cette pâte cristallisée dans un bain-marie, et on la fera chauffer dans la vapeur jusqu'à ce que le thermomètre, plongé dans cette matière liquéfiée, indique environ 80° Réaumur (= 100 degrés centigrades). Le sirop prendra alors plus de fluidité, mais contiendra encore du sucre non fondu. On le maintiendra pendant quelques heures à cette température, qu'on laissera tomber à environ 72° à 74° (+ 90 à + 91 degrés centigrades).

« Les cristaux qui seront restés détermineront promptement la cristallisation d'une nouvelle quantité de sucre. Lorsqu'on se sera assuré que cette cristallisation s'opère bien, la matière chaude sera versée dans de grandes formes ou caisses de bois, qu'on maintiendra à *une température telle, que le refroidissement ne puisse avoir lieu qu'insensiblement.*

« Le degré de chaleur qui sera ainsi maintenu, en diminuant la viscosité de la partie non cristallisable, accélérera la formation du sucre en cristaux assez gros pour permettre l'écoulement de la mélasse.

« Pour décolorer promptement cette moscouade, sans en fondre une partie, comme cela a lieu dans les opérations du *terrage*, on pourra employer un moyen très-simple et analogue à celui dont on se sert dans les raffineries pour purifier le salpêtre[1].

« *Ce sera de verser sur cè sucre ou moscouade une certaine quantité de sirop de betterave aussi peu coloré que possible, et évaporé seulement au degré auquel il peut commencer à cristalliser*, c'est-à-dire à 36° de l'aréomètre de Baumé, le sirop étant froid. L'emploi du charbon pourra être très-utile pour préparer des sirops de betterave peu colorés.

« *Ce sirop, déjà saturé, n'attaquera pas le sucre cristallisé* et, en se mêlant avec la mélasse, se liquéfiera et décolorera le sucre qu'elle salissait[1]. Plus le sirop qu'on emploiera sera décoloré, plus le sucre brut sera beau ; et, pour lui donner un degré de sécheresse convenable, il suffira de le laver avec une très-petite quantité d'alcool.

« Lorsque le sucre brut de betterave sera de bonne qualité, *ce procédé remplacera avantageusement le terrage.*

« Lorsqu'au contraire le sirop sera pauvre en sucre cristallisable (ce qui sera le cas le plus général), et qu'après la cuisson et la cristallisation il formera une masse de laquelle la mélasse ne pourrait que très-difficilement ou même pas du tout se séparer, on pourra tout simplement mêler la moscouade avec le sirop décoloré, laisser ce mélange en digestion pendant quelques heures, le mettre ensuite dans une toile et l'exprimer au moyen de la presse.

« La séparation de la mélasse se fera en raison de la fluidité

1. Origine et principe du *clairçage*???

produite par le sirop incolore employé; ce qu'on retirera de la presse pourra ensuite être complétement dépouillé de sirop au moyen d'une petite quantité d'alcool.

« On voit donc que, pour bien réussir, *l'objet important est d'employer des sirops peu colorés*, ce qu'on ne pourra obtenir que par une évaporation très-ménagée et opérée sur de petites masses de sirop présentant beaucoup de surface, et clarifiées au moyen du charbon. C'est dans ce cas que l'évaporation préliminaire du sucre de betterave, au moyen d'une étuve très-fortement chauffée par un courant d'air rapide, pourrait être très-utile pour se procurer des sirops peu colorés.

« Les sirops mêlés de mélasse, qu'on obtient par ce moyen, peuvent être mis à l'étuve pour cristalliser; car il ne serait pas prudent de vouloir les faire cristalliser immédiatement. La quantité de mélasse qu'ils contiennent rendrait cette opération très-difficile et d'une réussite incertaine. »

Dans un mémoire lu à la Société d'encouragement, le 30 septembre 1812, Ch. Derosne dit qu'il est préférable de déféquer les sirops de betterave par la chaux, lorsque les racines ont été *très-fumées;* dans le cas contraire, il préfère le procédé d'Achard. On voit par cette observation que, dès cette époque, les observateurs avaient compris l'inconvénient des fortes fumures, qui développent une production exagérée des matières albumineuses et autres substances azotées. Ch. Derosne en conclut fort judicieusement la nécessité de traiter, dans ce cas, le jus par la chaux. Cet agent est, en effet, celui qui précipite les matières albumineuses le plus complétement et de la manière la plus économique. Les auteurs et les praticiens de nos jours n'ont pas fait faire un pas à la question.

On pourrait même dire, à la rigueur, que plusieurs ont cherché à la faire rétrograder par la publication de théories systématiques sur les engrais. Nous ne pouvons que répéter ici le conseil de ne jamais employer, pour la fumure des plantes saccharifères, aucun engrais fortement azoté, et ce conseil, puisé dans la raison et l'observation des faits, découle encore des constatations faites par les premiers fabricants de sucre indigène, et notamment de celles de Derosne, qui apportait dans son travail un soin et une attention trop rares aujourd'hui.

Il conseille également l'emploi du charbon végétal *pulvérisé*,

lavé, et séché, et il compte, parmi les avantages de cette substance, la faculté de décolorer les sirops, d'en améliorer l'odeur et la saveur, et d'en faciliter la cuite. Il pense qu'il sera *difficile* de se procurer du charbon animal en quantité suffisante, et qu'il faut se borner au charbon végétal, bien que le premier ait des effets bien plus marqués.

Dans cette note, il indique, comme moyen de cristallisation à employer pour les sirops de mauvaise qualité, leur concentration sur de grandes surfaces à une température très-douce, et il conseille de ne les mettre à cristalliser dans des vases, avec un peu de cassonade au fond, que lorsqu'ils ont acquis une consistance de 40° Baumé à 60° Réaumur de température +75° centigrades). On doit maintenir à + 30° ou + 35° R. (+ 37°,5 à + 43°,75 centigrades) la température du local où se fait la cristallisation.

En 1812, Ch. Derosne eut l'idée d'appliquer la propriété décolorante du *charbon* et du *noir d'os* à la fabrication des sucres, et il nous paraît utile de reproduire *in extenso* l'analyse du mémoire présenté par lui sur ce sujet à la Société d'encouragement.

« M. Ch. Derosne, membre de la Société, a lu, dans la séance du 30 septembre dernier, un mémoire sur l'emploi du charbon dans la fabrication du sucre de betterave. Dans ce mémoire, il annonce qu'il avait primitivement adopté le procédé de clarification par la chaux, qui consiste à employer la chaux en excès et à enlever ensuite cet excès au moyen de l'acide sulfurique; mais qu'ayant depuis fait usage du procédé de M. Achard, il lui avait donné la préférence, parce qu'il trouvait que les sirops préparés avec la chaux en excès, quoique saturés par l'acide sulfurique, étaient plus colorés et avaient une saveur particuculière désagréable, dont une grande partie était retenue par les sucres bruts qu'on en obtenait.

« Etant depuis parvenu à faire disparaître ces inconvénients, M. Ch. Derosne a cru devoir reprendre le procédé par la chaux, avec d'autant plus de raison qu'il assure que les moyens dont il se sert présentent des avantages importants.

« Il n'adopte cependant pas exclusivement ce procédé, l'expérience lui ayant démontré qu'il était tantôt supérieur, tantôt inférieur à celui de M. Achard, suivant la qualité du suc de betterave employé. Ce dernier ne réussit pas aussi bien sur les betteraves cultivées aux environs de Paris, qui sont générale-

ment très-fumées. Il a obtenu un effet contraire des betteraves qu'il cultive lui-même à vingt lieues de la capitale. C'est donc au fabricant à choisir l'un ou l'autre de ces procédés (qui tous deux peuvent encore être modifiés), suivant qu'on en aura obtenu un résultat plus ou moins satisfaisant.

« Le nouveau moyen indiqué par M. Ch. Derosne présente les mêmes avantages ; il pense cependant que celui par la chaux en premier sera plus généralement préféré, parce qu'il est réellement un peu plus économique. L'agent employé par M. Derosne est le charbon en poudre, dont jusqu'à présent l'emploi n'avait été conseillé que pour enlever une partie de la couleur du suc ou du sirop de betterave. D'après les essais répétés, et qui confirment ceux faits en petit par M. Magnes, de Toulouse, sur des sirops mis à cristalliser dans une étuve, M. Derosne croit pouvoir assurer que le charbon employé en grande quantité non-seulement décolore, mais modifie singulièrement l'odeur et la saveur, sépare du sirop à 15° beaucoup de substances salines terreuses, qui, sans son emploi, seraient restées en dissolution et se seraient précipitées à un plus haut degré de concentration. Une circonstance que M. Derosne regarde comme la plus importante, et sur laquelle il insiste plus particulièrement, c'est que le charbon facilite ou détermine la séparation de matières qu'il ne croit pas pouvoir bien spécifier, mais dont, selon lui, la présence dans le sirop évaporé à une haute température hâte singulièrement la décomposition de ce dernier. Ils résulte d'essais comparatifs, faits avec des sirops préparés par le charbon, et avec d'autres sans charbon, que les premiers ont subi, sans se décomposer, l'action continuée d'une température qui a été portée jusqu'à + 92° du thermomètre de Réaumur, ont donné un *bouillon* d'une excellente qualité, dont les bulles, grosses et bien détachées, produisaient par leur émission un bruit sec, bien connu des raffineurs, et qui leur sert à reconnaître la bonne qualité des matières brutes sur lesquelles ils opèrent, et n'ont point exigé l'addition de beurre pour faire baisser le gonflement ; tandis que les sirops préparés sans charbon montaient continuellement, exigeaient l'addition réitérée du beurre, demandaient à être souvent remués, et se sont plus ou moins altérés par l'action prolongée du même degré de chaleur.

« Les sirops traités par le charbon ont donné une cristallisa-

tion beaucoup plus abondante et d'une qualité bien préférable à celle obtenue des sirops traités sans charbon.

« M. Derosne dit avoir obtenu un effet plus marqué en se servant de *charbon animal;* mais, comme il sera difficile de se procurer ce charbon en grande quantité, il pense qu'il faut se borner au charbon végétal. Il est nécessaire que ce charbon soit réduit en poudre assez fine et ait été lavé et ensuite séché. Le lavage a pour but de le dépouiller de la potasse et des autres sels qu'il contient toujours en plus ou moins grande quantité. Le charbon du fond des bateaux, dont le prix est modique, est très-convenable pour cet objet.

« M. Derosne ne se dissimule pas les inconvénients attachés à l'emploi du charbon; il les déclare lui-même très-grands, mais il croit qu'ils sont bien plus que compensés par les avantages qu'il procure, quelque considérable que soit la quantité qu'exige un travail en grand. Voici la manière de l'employer :

« Quel que soit le procédé de clarification dont on fasse usage, lorsque le suc de betterave aura été évaporé jusqu'au point de marquer 15° à l'aréomètre de Baumé (le sirop bouillant), on le retirera du feu et on le laissera refroidir jusqu'à + 50° environ de Réaumur. On y ajoutera alors le dixième ou le douzième de son poids de charbon en poudre, et environ trois ou quatre blancs d'œufs par quintal de sirop ou du sang de bœuf en remplacement. On fera chauffer de nouveau et on fera monter le bouillon. On réitérera alors l'addition d'une nouvelle et égale quantité de blancs d'œufs ou de sang de bœuf, qu'on aura eu la précaution de battre et de diviser, comme la première fois, avec du sirop un peu refroidi. On peut répéter une troisième fois cette addition d'une matière albumineuse. On passera ensuite le tout à travers un blanchet, en prenant la précaution de séparer les premières portions qui passeraient colorées.

« Afin de ne rien perdre, on délayera le charbon qui aura servi à l'opération dans du suc non évaporé, pour diviser et obtenir la plus grande partie du sirop à 15° qu'il retient. On peut continuer ce lavage même avec de l'eau, jusqu'à ce que le liquide obtenu ne donne plus de degré ou qu'un faible degré à l'aréomètre. Le charbon peut alors être séché et brûlé, ou bien calciné et lavé, pour pouvoir servir à une nouvelle opération.

« Le sirop obtenu peut ensuite être cuit par la preuve des

raffineurs ou par celle du thermomètre, qui est plus commode pour les personnes qui ne sont pas habituées au travail des raffineurs. La masse cristallisée obtenue peut être versée, encore chaude, dans des cônes et être privée de son sirop, soit par la simple filtration, soit à l'aide de la presse. Ce dernier moyen est plus embarrassant, mais plus expéditif.

« Les sirops obtenus d'une très-mauvaise qualité de betteraves peuvent être évaporés de préférence sur des surfaces très-grandes à une température de + 60° de Réaumur; on pourra les verser dans des vases, soit de terre, soit de bois, dans lesquels on aura mis un peu de cassonade, en maintenant ces sirops à une température de + 30° à + 35°. La cristallisation se déterminera en plus ou moins de temps, et, comme les cristaux seront très-ténus, ce ne sera guère qu'au moyen de la presse qu'on pourra les séparer de la mélasse. M. Derosne borne maintenant aux sirops de mauvaise qualité ce procédé, qu'il avait précédemment recommandé pour toutes les espèces de sirops de betteraves, lorsqu'il indiqua le moyen de se passer de la longue exposition des sirops à l'étuve... »

Procédé de Bonmatin. — « D'après l'opinion de M. le comte Chaptal, président de la Commission des sucres indigènes, le procédé de M. Bonmatin est le plus simple, le plus sûr et le plus économique que l'on connaisse. M. le baron Delessert, qui l'a fait exécuter dans ses ateliers, s'en loue beaucoup; il est convenu qu'il a, sur celui dont il s'est servi jusqu'alors, le triple avantage d'améliorer la fabrication de 30 centimes par livre de sucre, de fournir une qualité plus belle, et de permettre de fabriquer un tiers de plus avec le même nombre d'ouvriers. Un grand avantage de ce procédé, c'est qu'il réduit beaucoup les frais d'établissement, parce qu'on n'a plus besoin d'étuve. Les mélasses qu'il fournit sont très-bonnes, et trouveront un débit aisé dans le commerce... Le ministre du commerce a arrêté que la description des procédés de M. Bonmatin sera imprimée au nombre de deux mille exemplaires, et envoyée à MM. les préfets... » (*Bulletin précité, juin* 1812.)

L'ordre et la méthode qui règnent dans cette description en font un travail à part, que nous nous faisons un plaisir de mettre en entier sous les yeux de nos lecteurs.

« Lorsque le suc de betterave a été extrait par les moyens connus, il faut, pour obtenir le sucre brut ou moscouade qu'il contient en plus ou moins grande quantité, lui faire subir successivement les quatre opérations que nous allons décrire.

« *Première opération. — Clarification du suc de betterave.* — On met dans une chaudière de cuivre, placée sur un fourneau, le suc de betterave que l'on veut clarifier, et on le chauffe jusqu'à 65° du thermomètre de Réaumur (+ 81,25 degrés centigrades); quelques instants avant d'arriver à cette température, on prépare un lait de chaux, en versant de l'eau bouillante sur de la chaux vive ou caustique.

« Les doses des matières à employer sont, pour un litre de suc, 3 grammes de chaux éteinte dans 18 grammes d'eau. Le lait de chaux étant fait et le suc de betterave étant porté à 65° Réaumur, on verse le premier liquide dans le suc en ayant soin de laver le vase avec une portion du même suc, et d'agiter le tout à l'aide d'une spatule de bois. On pousse ensuite le feu de manière à élever la liqueur jusqu'à 80° du même thermomètre (+ 100 degrés centigrades); mais, aussitôt qu'il est à ce degré, il faut éteindre le feu, afin d'éviter l'ébullition qui serait nuisible. Alors on conserve la liqueur dans un parfait repos, pendant une heure, ce qui détermine la séparation d'une écume abondante, solide, foncée en couleur, que l'on enlève au moyen d'une écumoire, et que l'on met égoutter sur un blanchet. Après avoir écumé cette liqueur, on l'abandonne encore deux heures à un repos absolu, dans la même chaudière, puis on la filtre à travers un blanchet.

« *Deuxième opération. — Saturation du suc de betterave.* — La liqueur qui filtre à travers le blanchet est limpide, bien moins colorée que ne l'était le suc de betterave, et offre une saveur sucrée, rendue désagréable par la saveur âcre de la chaux.

« Pour neutraliser en grande partie la chaux dissoute dans le suc, on chauffe la liqueur jusqu'à 65° ou 70° Réaumur; après quoi, on verse dans chaque litre de suc clarifié 6 décigrammes d'acide sulfurique, à 66° de l'aréomètre de Baumé pour les sirops. Il est indispensable d'affaiblir préalablement cet acide dans vingt fois son poids d'eau. Le mélange étant

agité, on porte la liqueur à l'ébullition, et on enlève, à mesure qu'elles se présentent, les écumes, que l'on met égoutter sur le blanchet. On soutient ainsi l'évaporation jusqu'à ce que la liqueur bouillante marque 15° à l'aréomètre; le sulfate de chaux qui s'est formé nage alors abondamment dans cette liqueur; il faut filtrer celle-ci à travers le blanchet, afin de séparer le sel insoluble.

« *Troisième opération. — Préparation du sirop de betterave.* — La filtration de cette liqueur étant faite, et la chaudière étant nettoyée, on porte de nouveau à l'ébullition. On enlève successivement l'écume qui se produit, et l'on diminue le feu lorsque le même liquide présente les caractères d'un sirop. Pour que la cuisson soit complète, la liqueur doit marquer, bouillante, 32° à l'aréomètre. Alors on décante dans un vase, et l'on a un très-bon sirop de betterave, qu'il faut conserver, sans l'agiter, dans un endroit frais.

« *Quatrième opération. — Conversion du sirop de betterave en sucre brut, par le grenage.* — Avant de grener le sirop de betterave et d'en obtenir ainsi du sucre brut ou moscouade, il faut l'abandonner à un repos absolu pendant quatre jours au moins : par ce repos, le sirop laisse précipiter la plus grande partie des matières salines et des autres substances étrangères qu'il contient.

« Pour procéder au grenage, on doit décanter avec soin ce sirop dans une bassine, et n'opérer que sur 50 kilogrammes à la fois. On allume le feu sous la bassine, de manière à mettre promptement le sirop en ébullition : il ne tarde pas à se produire un boursouflement considérable, que l'on modère en y projetant un peu de beurre; il se produit aussi des écumes qu'il faut enlever à mesure. Pendant l'évaporation, le feu doit être assez actif pour qu'elle soit constamment très-grande : on ne doit pas cesser d'agiter la masse à l'aide d'un mouveron, sans quoi le sirop brûlerait. Il arrive un moment où la matière en ébullition forme des cloches qui crèvent et laissent échapper des vapeurs aqueuses et bien visibles. Comme on approche alors de la cuite, il faut plonger un thermomètre dans la masse, jusqu'à ce que le mercure monte à 90° Réaumur (+112,5 degrés centigrades). L'opération est ordinairement achevée quand on est arrivé à ce terme.

« Un moyen plus sûr de reconnaître la cuisson du sirop est celui que pratiquent les raffineurs de sucre de canne, et qu'ils appellent *la preuve par le filet :* il consiste à prendre avec le pouce, sur le mouveron, un peu de la masse bouillante, que l'on comprime faiblement entre le pouce et l'index; si, en séparant brusquement les doigts, de manière que l'index soit en haut, il se produit un filet assez long, et si ce filet casse près du pouce et remonte vers l'index, en prenant la forme d'un crochet, on a la certitude que la cuisson du sirop est complète.

« Alors on doit verser la masse dans un rafraîchissoir; on l'abandonne jusqu'à ce que la chaleur tombe de 90° à 30° ou 35° Réaumur (+112,5 à + 37,5 ou + 43,75 degrés centigrades). Quand elle est descendue à ce terme, on agite un peu cette masse, qui offre déjà des marques sensibles de grenage, et on la coule aussitôt dans des cônes ou formes de terre légèrement humectées, dont l'ouverture inférieure a été bouchée avec soin.

« Après le refroidissement et la cristallisation complète du sucre dans les cônes, on débouche leur ouverture inférieure pour donner issue à la mélasse, et l'on a ainsi du sucre brut ou moscouade, qu'il est aisé de blanchir par le terrage, d'après le procédé des raffineurs. »

Ajoutons, pour compléter les détails du procédé de Bonmatin, qu'il regardait la conduite du feu comme très-importante dans la fabrication des sirops de betterave. Les remarques suivantes ne seront pas inutiles au fabricant, bien que l'on emploie aujourd'hui, presque exclusivement, la vapeur, pour les divers besoins de la sucrerie.

« Deux espèces de feu doivent être employées dans la fabrication : dans la première opération, la clarification du suc de betterave, le feu doit, non-seulement frapper le fond de la chaudière, mais la chaleur doit encore circuler autour, jusqu'à une distance fixe du bord supérieur; tandis que, dans les deuxième et troisième opérations, la saturation du suc et la préparation du sirop de betterave, le feu ne doit toucher que *le fond de la chaudière*. Ces deux espèces de feu exigent deux sortes de fourneaux. La quatrième opération, qui est celle du grenage, se fait sur un fourneau de fer portatif, construit de manière que la chaleur ne frappe que *le milieu du fond* de la

bassine, ce qui établit le bouillon au milieu du sirop et rejette les écumes sur les bords. »

Ces observations sont très-applicables à la construction des fourneaux à équipages pour la canne, lorsque l'on opère à feu nu. Bonmatin exigeait encore que les chaudières fussent peu profondes pour que le liquide s'y échauffât facilement et que les parois en fussent droites, afin que les sels et sédiments ne pussent s'y attacher.

Procédé de Chaptal. — Nous complétons ces renseignements par la description détaillée du procédé suivi par l'illustre Chaptal, pour lequel nous professons la plus grande vénération, et dont les travaux seront toujours de la plus haute utilité pour les véritables observateurs.

Les principes relatifs à la rasion des betteraves n'ont guère varié depuis la création de la sucrerie indigène, sauf peut-être en ce qui touche la rapidité du mouvement de la râpe. Chaptal écrivait :

« Les râpes que j'emploie sont des cylindres en tôle de *vingt-quatre* pouces de diamètre sur *quinze* de longueur, dont la surface est garnie de quatre-vingt-dix lames de fer armées de dents de scie, fixées par des écrous perpendiculairement à l'axe et placées dans la longueur du cylindre.

« Les betteraves, pressées contre la râpe par des femmes dont la main est munie d'*un morceau de bois*, sont à l'instant déchirées, et la pulpe se ramasse dans une caisse doublée de plomb placée au-dessous. La table sur laquelle on met les betteraves qui vont être broyées ne laisse qu'un faible intervalle entre elles et les dents des lames, pour ne donner passage qu'à la pulpe.

« *Le râpage des betteraves doit être prompt*, sans cela la pulpe se colore et brunit, la fermentation s'établit, et l'extraction du sucre en devient plus pénible. A l'aide de deux râpes mues par le même manége, je réduis en pulpe cinq milliers de betteraves en deux heures.

« La pulpe ne doit contenir aucun morceau de betterave qui n'ait pas été déchiré.

« *L'action de la râpe ne peut point être remplacée par la compression ; les cellules* des betteraves *qui en contiennent le suc ont besoin d'être déchirées*. Les presses les plus fortes ne peuvent

extraire de la racine que 40 à 50 pour 100 de suc, tandis que la pulpe bien travaillée en fournit depuis 75 jusqu'à 80. »

Sauf la petite dimension de la râpe, son peu de rapidité et, par conséquent, son trop faible rendement, on ne fait pas aujourd'hui autre chose : on s'est contenté de donner plus de longueur et d'écarter davantage les lames.

A côté de quelques détails impraticables aujourd'hui, Chaptal avait parfaitement saisi les vrais points de vue où l'on doit se placer pour opérer l'extraction du jus sucré des racines. La seule chose, peut-être, qui lui ait manqué, est la presse hydraulique, ainsi qu'on peut en juger par le passage suivant :

« *A mesure* que la pulpe tombe dans la caisse placée sous les râpes, on en remplit de petits sacs d'une toile forte, *tissue avec de la ficelle;* on place ces sacs sur le plateau d'*une bonne presse à vis de fer*, et on leur fait subir une très-forte pression; on desserre la presse, on change de place les sacs, on remue le marc qu'ils contiennent, et l'on donne une seconde pression.

« On peut soumettre la pulpe à la pression d'une *presse à cylindre* pour en extraire d'abord 60 pour 100 de suc, et terminer ensuite l'opération par la presse à vis en fer; mais cette dernière peut suffire à une exploitation de dix milliers de betteraves.

« Lorsqu'on a terminé l'opération, le marc doit être desséché, au point qu'en le serrant fortement dans la main, elle n'en soit pas mouillée. Le suc qui découle de la presse se rend par des *canaux de plomb* dans une chaudière, où il subit une première opération dont je vous parlerai tout à l'heure.

« A défaut de presses à vis de fer, on peut employer un pressoir de vendange, une presse à levier ou à cylindre, etc..

« Le travail de la presse doit se terminer à peu près en même temps que celui des râpes; immédiatement après, on lave avec soin tout ce qui a été mouillé par le suc, pour se préparer à une nouvelle opération. *Il est nécessaire d'entretenir la plus grande propreté dans l'atelier;* sans cela, les râpes se rouillent, le suc s'altère, et le travail des chaudières devient difficile.

« Le suc extrait de la betterave ne présente pas toujours le même degré de concentration; cela varie depuis 5° jusqu'à 10°, selon la grosseur des racines, la nature du sol et

l'état de l'atmosphère pendant la durée de la végétation. *Les racines les plus volumineuses fournissent un suc moins concentré que les petites;* celles qui proviennent d'un sol sec et léger, et celles qui ont éprouvé des chaleurs continues et une grande sécheresse, donnent un suc qui marque jusqu'à 11°, mais il est peu abondant. *Plus les sucs sont pesants, plus ils contiennent de sucre sous le même volume, et plus l'extraction est économique.* »

Ces lignes auraient été écrites hier, qu'elles présenteraient l'exposé de la vérité pratique la plus incontestable pour les exploitations rurales dans lesquelles on voudrait établir l'industrie sucrière à titre d'industrie agricole; tout ce qui est principe ne peut être l'objet d'aucune observation critique, et il serait vivement à désirer que de nombreux fabricants voulussent y réfléchir avec une sérieuse attention. La fabrication proprement dite, la manufacture, trouverait son profit à exécuter les précautions recommandées avec tant de soin par l'homme éminent dont nous venons d'emprunter les paroles, et l'introduction de la presse hydraulique dans les fabriques complète ce qui peut manquer dans les détails.

Avec une presse ordinaire, Chaptal retirait 80 pour 100 de jus de ses betteraves... Aujourd'hui, on ne dépasse guère en réalité cette proportion avec la puissante ressource de la presse hydraulique, bien que divers manufacturiers accusent la proportion rarement atteinte de 90 pour 100. Ils ne tiennent pas assez compte de l'excès d'eau ajoutée sur les râpes, et des variations de composition de la racine.

Aujourd'hui que la plupart des fabriques de sucre opèrent à la vapeur, les dispositions matérielles relatives aux opérations à feu nu n'offrent plus qu'un intérêt de curiosité historique, en ce qui touche la grande fabrication européenne; mais la petite exploitation et la sucrerie exotique peuvent y puiser d'utiles renseignements. Chaptal et tous les fabricants de sucre indigène de son époque travaillaient à feu nu, ce qui nécessitait une construction particulière des chaudières : les unes, destinées à la défécation, devaient être profondes; les autres, simplement évaporatoires, devaient présenter plus de surface. Dans les *équipages* des colonies, ce principe, basé sur les règles les plus élémentaires de la physique et duquel dépend l'économie du combustible, est négligé complétement.

« Je travaille, dit Chaptal, dix milliers de betteraves par jour, en deux opérations de cinq milliers chacune : la première commence à quatre heures du matin, la seconde à midi. La *chaudière ronde*, qui reçoit le suc d'une opération, a 5 pieds 6 pouces de diamètre et 5 pieds 8 pouces de profondeur. J'ai une chaudière pour chaque opération : chacune a deux robinets, dont l'un est placé tout à fait au fond et l'autre à 5 pouces au-dessus. Entre ces deux chaudières, *il y en a deux plates*, de la profondeur de 15 pouces, et capables de recevoir chacune tout le suc d'une opération : c'est dans ces dernières que se fait l'évaporation. Les bords de ces quatre chaudières doivent être très-évasés, pour recouvrir l'épaisseur du mur dans lequel elles sont enchâssées.

« J'ai placé mes râpes et mes presses au premier étage, afin de faire couler le suc dans les chaudières placées au rez-de-chaussée, par des canaux revêtus de plomb, sans aucuns frais de transport; et, d'après ces dispositions, j'ai pu élever assez les chaudières d'épuration pour qu'en ouvrant leurs robinets, le suc puisse couler dans les évaporatoires. »

Ces dispositions avaient besoin d'être exposées pour l'intelligence du mode de défécation suivi par cet expérimentateur, et qui a été pendant fort longtemps pratiqué par la plupart des fabricants de sucre indigène...

« Du moment que la chaudière qui reçoit le suc que fournissent les presses est remplie au tiers, dit-il, on *allume le feu*, et pendant que le suc continue à couler, on élève la chaleur jusqu'au *soixante-cinquième degré* Réaumur (81,25 degrés centigrades.

« Dans le temps que le suc s'échauffe et qu'on remplit la chaudière, on prépare un lait de chaux, en faisant fuser dans un baquet 10 livres de chaux, sur laquelle on verse peu à peu de l'eau tiède [1].

« Dès que la chaudière a reçu tout le suc, et que la chaleur s'est élevée à 65°, on y verse le lait de chaux, et l'on a l'attention d'agiter et de brasser en tout sens pour opérer le mélange. *Après cette opération, on pousse le feu pour porter le liquide au degré de l'ébullition;* il se forme à la surface une couche d'écume

1. La chaudière renfermant 1,600 à 1,800 litres de suc, Chaptal employait la chaux dans la proportion d'environ 3 grammes par litre.

épaisse et gluante, et du moment qu'un premier bouillon ou des bulles qui se font jour à travers l'écume commencent à paraître à la surface, on éteint promptement le feu en jetant un seau d'eau dans le foyer. Alors la couche d'écume s'épaissit, se dessèche et durcit par le repos; le suc se clarifie, il prend une légère teinte jaune, et *lorsqu'il est devenu très-limpide* et qu'on ne voit plus flotter ni grains de chaux ni flocons de mucilage, on enlève avec beaucoup de soin, à l'aide d'une écumoire, les écumes, qu'on jette dans un baquet pour en exprimer ensuite les sucs qu'elles contiennent; après cela, on ouvre le robinet supérieur et l'on fait couler dans la chaudière évaporatoire.

« *Il faut une heure de repos pour que le suc se clarifie*, et l'on ne doit commencer l'opération que lorsqu'il est parfaitement limpide.

« Dès qu'on a fait couler tout le suc que peut fournir le robinet supérieur, on ouvre le second, et si le suc qui en provient est clair, on le mêle avec le premier; si, au contraire, il est louche et chargé, on ferme le robinet pour lui donner le temps de se dépouiller, et on ne l'emploie que vers la fin de l'opération.

« Le dépôt qui se forme au fond de la chaudière rend troubles les dernières portions du suc; mais du moment qu'on s'aperçoit du changement de couleur, on reçoit ce qui reste dans le baquet qui contient les écumes.

« Le dépôt qui s'est formé au fond de la chaudière et les écumes sont exprimés à l'aide d'une presse à levier, d'une construction extrêmement simple et d'une manœuvre aussi facile que peu dispendieuse.

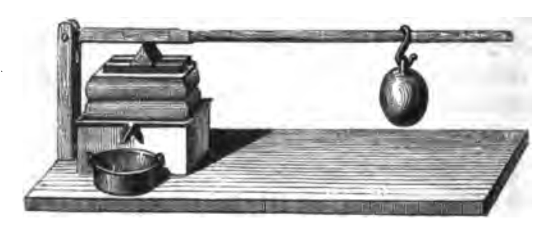


Fig. 80.

« Sur un bloc de pierre carré, dont les côtés ont 3 pieds de diamètre, et dont la surface, légèrement inclinée, est creusée

de cannelures profondes de 1 pouce, qui se réunissent toutes en rayons à l'angle le moins élevé, je place un panier cylindrique d'osier; les parois intérieures de ce panier sont recouvertes d'un sac de grosse toile, dont les bords se replient et tombent en dehors. Je verse le dépôt et les écumes dans ce sac, j'en ramène les bords au centre et je les lie avec une ficelle; je place par-dessus un plateau de bois du diamètre de l'intérieur du panier, je le charge de quelques carrés de bois, qui débordent la partie supérieure et servent de points d'appui au levier. Le tout étant ainsi disposé, j'adapte le levier, qui a 15 pieds de long; il est fixé par une extrémité à un anneau que porte une barre de fer scellée à la pierre, et je charge l'autre bout avec des poids de fonte de 25 à 50 kilogrammes, que j'augmente à volonté, de manière à obtenir une pression graduée, constante et aussi forte que je le désire[1]. Le suc qui coule est reçu dans des baquets, et versé dans la chaudière où se fait l'évaporation.

« *La dépuration du suc est la plus importante de toutes les opérations*. Si le suc n'est pas parfaitement dépouillé et clarifié, l'évaporation et les cuites sont longues et difficiles, le suc monte et se boursoufle dans les chaudières, le sucre cristallise mal et reste empâté de mélasse.

« Le séjour prolongé du suc dans la chaudière dépuratoire ne suffit pas toujours pour que la chaux monte avec les écumes ou se précipite en dépôt; il peut arriver que, quelque précaution qu'on prenne, le suc conserve une couleur trouble, et dès lors il ne faut pas s'attendre à de bons résultats; j'ai soigneusement recherché la cause de ces accidents; j'ai essayé d'y remédier, et je ne rapporterai ici que ce qui me paraît suffisamment constaté par l'observation ou l'expérience.

« *Lorsqu'on travaille des betteraves qui ont trop fortement germé, ou qui sont pourries ou gelées en partie, la dépuration du suc se fait mal.*

« *Lorsque l'opération des râpes et des presses est trop lente, et que le suc reste cinq ou six heures avant d'être épuré*, la décomposition commence à s'opérer, et l'*on ne peut pas obtenir de bons résultats*.

« *Lorsqu'on néglige de laver soigneusement, après chaque opé-*

1. La figure 80 donne une idée de la presse recommandée par Chaptal.

ration, les râpes, les presses, les conduits, les chaudières, les sacs, les toiles, et en un mot, *tous les ustensiles qui ont été imprégnés de suc*, tout devient pénible et sans succès.

« J'ai observé une fois que des betteraves emmagasinées dans une cave, où elles n'avaient ni gelé ni germé, travaillées dans les premiers jours du mois de mars, n'ont pas fourni de sucre; elles paraissaient très-saines, mais un peu plus *molles* que celles que j'avais conservées dans des granges.

« Si les premières opérations sont mal conduites, il en résulte constamment de mauvais effets. Je n'ai pu, à cet égard, que tracer la marche qu'on doit suivre pour les prévenir.

« Les betteraves bien conservées peuvent être travaillées avec un égal succès depuis le commencement d'octobre jusqu'à la fin de mars.

« Lorsque le suc est mal épuré, on peut verser dans la chaudière évaporatoire, un peu avant l'ébullition, une petite quantité d'acide sulfurique; on remédiera par là au mal, s'il provient d'une trop grande quantité de chaux qu'on aura employé; mais ce moyen sera inutile, si le vice est dans le suc altéré de la betterave.

« On peut encore forcer la dose du charbon animal; on est sûr, par ce moyen, de rendre l'évaporation et la cuite plus faciles; mais si le suc est altéré, on n'obtiendra que peu de sucre.

« Dans l'opération de la défécation, la chaux se combine avec le principe mucilagineux de la betterave et neutralise l'acide malique qu'elle contient. *Après cette opération, le suc pèse* 1° à 1° 1/2 *de moins qu'auparavant.* »

Chaptal continue ainsi à décrire les autres opérations de la fabrique de sucre :

« Du moment que le fond de la chaudière évaporatoire est couvert de suc, on allume le feu et on porte à l'ébullition le plus promptement possible : le suc qui continue à couler de la chaudière défécatoire remplace ce qui s'échappe par l'évaporation.

« Lorsque le suc bouillant marque de 5° à 6° de concentration, on commence à y jeter du charbon animal, et on continue, en augmentant la dose peu à peu, jusqu'à ce que le suc soit concentré au vingtième degré. On emploie, de cette ma-

nière, 25 kilogrammes de charbon par chaque opération de 1,600 à 1,800 litres de suc.

« Une fois qu'on est parvenu au vingtième de concentration, on soutient l'évaporation jusqu'à ce que le sirop bouillant marque 27 à 28° au pèse-liqueur.

« Ce sirop, mêlé avec le charbon animal, a besoin d'être filtré.

« Cette opération, exécutée par les procédés ordinaires, est très-longue et souvent impraticable : le refroidissement augmente la consistance du sirop de 2° à 3°; alors le charbon, très-divisé, bouche les pores des filtres, et la filtration s'arrête en très-peu de temps.

« Pour obvier à ces inconvénients, je place un grand panier d'osier sur une chaudière, je garnis son intérieur d'un sac de toile d'un égal diamètre, mais au plus d'environ 2 pieds ; je verse dans le sac le suc épaissi. La filtration se fait très-bien pendant quelques minutes; mais lorsque le sirop s'épaissit par le refroidissement, elle devient plus lente et finirait par s'arrêter : alors je replie vers l'intérieur du panier les bords du sac, et je mets par-dessus un plateau de bois, que je charge graduellement de poids de fonte, pour opérer une pression convenable; la filtration est terminée en deux à trois heures.

« Le charbon contenu dans le sac est lessivé à l'eau tiède, et ensuite exprimé à la presse à levier, pour en extraire tout le sirop qui y est contenu. Les eaux de lavage sont réunies le lendemain, dans les chaudières évaporatoires, aux sucs dépurés préparés dans le jour.

« La conversion du suc en sirop doit être faite le plus promptement possible; lorsque l'évaporation est lente, la liqueur devient pâteuse, une partie du sucre se décompose et passe à l'état de mélasse, les cuites en deviennent plus difficiles : il faut conduire l'évaporation à gros bouillons et, pour cela, il convient d'employer des chaudières larges et plates, de ne chauffer que des couches de liquides peu épaisses, et de construire les fourneaux de manière qu'ils chauffent bien également, afin que l'ébullition ait lieu à la fois sur toute la masse du liquide. L'évaporation de 1,600 litres de suc doit être terminée en quatre heures.

« On reconnaît que l'opération est bonne et le suc bien préparé, lorsque l'ébullition se fait sans que le liquide *monte* ou

se boursoufle; lorsqu'il ne se forme à la surface que des écumes brunâtres dont les bulles disparaissent en un clin d'œil toutes les fois qu'on les puise avec une cuiller; lorsqu'en frappant sur la liqueur on produit un bruit sec. Si, au contraire, il se forme des écumes blanchâtres, poisseuses, qui ne s'affaissent point, l'opération est mauvaise, l'évaporation est longue et la cuite difficile. Dans ce dernier cas, on jette de temps en temps un peu de beurre sur la surface pour calmer l'effervescence, on augmente la dose du charbon animal, on ralentit le feu; mais tous ces palliatifs ne corrigent pas le vice radical, et ces symptômes présagent toujours de mauvais résultats.

« Les sirops préparés la veille sont cuits le lendemain pour en extraire le sucre.

« Les produits des deux opérations de cinq milliers de betteraves chacune sont réunis dans une chaudière, d'où on les tire successivement pour en former quatre cuites.

« On verse donc le quart de ces sirops dans une chaudière ronde, de 40 pouces de diamètre sur 20 pouces de profondeur, et on allume le feu. On porte à l'ébullition, qu'on entretient jusqu'à ce que l'opération soit terminée.

« On juge que la cuite se fait bien :

« 1° Lorsque le sirop *bout sec* et que les bouillons, en rentrant dans la masse, produisent un *bruit sensible;*

« 2° Lorsqu'en frappant avec l'écumoire sur la surface du bain, on entend un *bruit sec*, comme si on frappait sur de la soie;

« 3° Lorsqu'en puisant de l'écume avec une cuiller, les bulles disparaissent à l'instant; enfin, la cuite a été parfaite toutes les fois qu'après qu'elle est terminée la chaudière ne présente aucune trace de noir sur la surface intérieure.

« On reconnaît que la cuite est mauvaise et qu'on doit mal augurer de ses résulats aux signes suivants :

« 1° Lorsqu'il se forme une écume épaisse, blanche et gluante, à la surface du bain;

« 2° Lorsque la liqueur monte en écume et ne s'affaisse point;

« 3° Lorsqu'il s'échappe des bouffées d'une fumée âcre, qui annoncent que la cuite *brûle*.

« On parvient à pallier ces accidents et à terminer la cuite :

« 1° En enlevant les écumes à mesure qu'elles se forment;

« 2° En jetant dans la cuite de petits morceaux de beurre;

« 3° En agitant la liqueur avec une grande spatule;

« 4° En mêlant à la cuite un peu de charbon animal;

« 5° En modérant la chaleur.

« Pour éviter une partie de ces accidents, je verse à grands flots le sirop dans la chaudière, et j'enlève l'écume blanchâtre qui se forme; j'agite avec force trois ou quatre fois le sirop avant qu'il entre en ébullition, et j'écume chaque fois. Ces écumes sont mises dans un baquet, ainsi que celles qui se développent pendant tout le temps que dure la cuite; on les traite ensuite à la presse à levier, et on lave le résidu pour en extraire tout ce qu'elles contiennent. Les sirops qui sont exprimés par là sont employés dans les cuites du lendemain, et on verse les eaux du lavage dans les chaudières évaporatoires.

« Lorsque les cuites s'annoncent mal, surtout lorsqu'on voit paraître ces bouffées de fumée piquantes, et qui prouvent que la cuite *brûle*, il faut l'arrêter de suite, et traiter de nouveau les sirops avec le noir animal : dans ce cas, on les délaye avec de l'eau pour les faire tomber à 18° de concentration; on y ajoute le charbon; on chauffe et on les porte à 28° par l'ébullition; on filtre et l'on cuit. J'ai observé plusieurs fois que, par ce seul moyen, on pouvait rétablir en bonne qualité un mauvais sirop.

« Je me suis beaucoup occupé de cette matière grasse, blanchâtre, onctueuse et collante, qui est presque inséparable des sirops, et qui, lorsqu'elle est abondante, ne permet d'amener aucune cuite à une heureuse fin : elle *engraisse* le sirop; elle s'attache aux parois des chaudières et les noircit; elle se détache des sirops à mesure qu'on les concentre, et ne permet plus de pouvoir en terminer la cuite.

« J'ai observé que cette matière était d'autant plus abondante, que les betteraves ont plus germé, que la dépuration du suc a été plus imparfaite, et l'évaporation plus lente. Le charbon animal en réduit singulièrement la quantité, et la fait disparaître ou l'empêche de se former lorsqu'il est bien employé.

« Cette matière, que j'ai eu occasion de ramasser souvent et en grande quantité pendant les premières années de mon exploitation, s'épaissit et durcit par le refroidissement; elle est

insoluble à l'eau et à l'alcool; elle brûle en répandant une flamme blanche et inodore; elle a tous les caractères de la cire végétale et n'en diffère en aucune manière.

« La cuite est terminée lorsque le sirop bouillant a été porté à 44° ou 45° de concentration : on reconnaît qu'il faut retirer la cuite de la chaudière aux signes suivants :

« 1° On plonge l'écumoire dans le sirop bouillant, on la retire, et on passe rapidement le pouce de la main droite sur la surface; on manie entre le pouce et l'index la couche de sirop qu'on a emportée, jusqu'à ce que la chaleur soit tombée à la température de la peau, on sépare alors brusquement les deux doigts. Lorsque la cuite n'est pas à son terme, il ne se forme pas de filet dans l'intervalle des deux doigts. La cuite est bien avancée du moment que le filet se forme; elle est terminée dès que le filet est cassé net, que la partie supérieure se replie en spirale, et qu'elle a la demi-transparence de la corne. Cette manière d'essayer les cuites est connue sous le nom de *preuve*.

« 2° On juge encore qu'une cuite est terminée lorsque le sirop ne mouille plus les parois de la chaudière, et qu'en soufflant avec force sur une écumoire imprégnée de sirop, il s'échappe, par les trous de l'écumoire, des bulles qui voltigent dans l'air comme de petites bulles de savon. Dès qu'on juge que la cuite est faite, on éteint le feu et, quelques minutes après, on la transporte dans un grand chaudron de cuivre, qu'on appelle *rafraîchissoir*.

« Le rafraîchissoir est placé dans une pièce de l'atelier voisine des chaudières; sa capacité doit être suffisante pour recevoir le produit des quatre cuites qu'on y verse successivement.

« Le refroidissement qu'éprouvent les cuites dans le rafraîchissoir ne tarde pas à opérer la cristallisation du sucre; les cristaux se précipitent d'abord dans le fond, où ils forment une couche assez épaisse, mais sans cohérence; peu à peu les parois se recouvrent de cristaux solides, et il se forme alors sur la surface une croûte de sucre, qui s'épaissit insensiblement.

« C'est dans ce moment qu'on vide le rafraîchissoir pour emplir les formes où doit se terminer la cristallisation[1].

1. On emploie à cette opération les formes qu'on connaît dans les raffineries sous le nom de *grandes bâtardes*. Ce sont de grands vases de terre cuite, coniques, percés d'une petite ouverture au sommet et pouvant contenir

« A l'aide d'une grande spatule, on agite et brasse avec soin le produit des cuites contenu dans le rafraîchissoir et, lorsque le tout est bien mélangé, on verse peu à peu dans les formes, et à plusieurs reprises dans chacune, en allant de l'une à l'autre, de manière qu'on les remplisse toutes également ; on laisse un pouce d'intervalle entre les bords supérieurs de la forme et le sirop.

« Dès que les formes sont remplies, on les porte dans la pièce la plus froide de l'atelier, pour faciliter la cristallisation[1].

« A mesure que le refroidissement s'opère, la cristallisation continue sur les parois des formes et à la surface. Du moment que la croûte des cristaux a pris un peu de consistance, on perce cette couche avec une spatule en bois, et on agite l'intérieur en tout sens et avec soin pour ramener dans le centre les cristaux qui se sont déposés sur les parois. Cette opération terminée, on abandonne la cristallisation à elle-même.

« Trois jours sont plus que suffisants pour que tous les cristaux soient formés[2].

45 kilogrammes du sirop des cuites. On distingue dans les ateliers de grandes et de petites bâtardes, des formes de deux, de trois et de quatre, selon leur capacité. On les a remplacées dans plusieurs ateliers par des formes fabriquées avec des planches de bois résineux. M. Mathieu de Dombasle a proposé ce changement, qui peut être avantageux sous le rapport de l'économie dans les pays ou ce bois est abondant.

Avant de mettre le produit des cuites dans les formes, on les fait tremper dans l'eau, d'où on les retire peu de temps avant de les employer, pour les faire égoutter ; on bouche avec du vieux linge l'ouverture de la pointe et on les dresse contre le mur pour recevoir la cuite.

1. Les cuites provenant du travail de dix milliers de betteraves remplissent neuf grandes bâtardes lorsque les opérations ont été bien conduites. Chaque bâtarde contient 85 à 90 livres de sirop cuit.

Lorsque les cuites sont lentes, ou qu'on ne les fait pas sans interruption, on verse partiellement du rafraîchissoir dans les formes sans attendre le produit des dernières. Si on n'avait pas cette attention, la cristallisation se terminerait dans le rafraîchissoir, et tout le contenu ne formerait qu'une masse qu'on ne pourrait plus vider dans les formes pour faire couler les mélasses.

2. On reconnaît que l'opération est bonne : 1° lorsque la surface de la masse cristallisée est sèche, et qu'en y passant la main on ne la trouve ni humide ni poisseuse ;

2° Lorsque la croûte de la surface s'affaisse et se rompt dans le milieu, les raffineurs disent, dans ce cas, que le sucre *fait la fontaine*.

3° La couleur jaune des cristaux est en général un bon indice ; mais il est presque insignifiant pour le sucre de betterave, parce que la couleur a pu être noircie par le charbon animal, lorsque la filtration des *clairces* ou sirops n'a pas été faite avec soin ; mais le raffinage et la clarification font disparaître aisément cette couleur.

« On enlève alors les tampons qui bouchaient la pointe des formes, et on les place sur des pots de terre pour faire couler la mélasse[1].

« Huit jours suffisent pour que les cristaux se dépouillent de la plus grande partie de la mélasse qui les empâte.

« On porte alors les formes dans une pièce, où l'on entretient, par le moyen d'un poêle, une température constante de 18° à 20° Réaumur ; on les place sur de nouveaux pots, et on procède au lessivage du sucre qu'elles contiennent, pour en séparer une nouvelle partie de mélasse qui a refusé de couler : à cet effet, on brise et l'on égrène avec une lame de couteau la surface des pains, on l'unit avec soin, et on y verse sur chacun environ une demi-livre d'un sirop blanc[2] marquant 27° à 30°. Le sirop pénètre dans le pain, délaye et entraîne la mélasse, parce qu'il est moins concentré de 3° ou 4°. Si on l'employait moins concentré, il dissoudrait le sucre et, plus épais, il l'empâterait. On renouvelle trois fois cette opération de deux en deux jours.

« Après un mois de séjour dans cette étuve, on peut *locher* les pains ou les extraire de leurs formes ; ils sont secs et bien dépouillés de mélasse. On les empile dans un magasin, où on les conserve pour le raffinage. »

Travaux de Mathieu de Dombasle. — De tous les hommes de mérite qui se sont adonnés à la fabrication sucrière, l'illustre agriculteur lorrain est peut-être celui dont les efforts ont été dirigés vers le but le plus vrai et le plus intelligent. Tous, à cette époque de lutte et de création, voyaient dans la sucrerie une industrie agricole, mais Mathieu de Dombasle la regardait plus spécialement comme l'*industrie de la ferme*. Au lieu de rechercher des engins de haute pratique usinière, il consacra toute son énergie à ces investigations plus modestes, dont le but était de rendre la sucrerie applicable en petite culture, et la mort seule put l'arracher à l'objet de ses prédilections[3]. Hon-

1. Ces pots doivent avoir une capacité suffisante pour contenir 18 à 20 litres de mélasse.

2. Ce sirop n'est qu'une portion du sirop préparé pour les cuites.

3. Mathieu de Dombasle est né à Nancy en 1777, et il est mort en 1843. L'année même de sa mort, il écrivait encore deux brochures sur la *Question des sucres* et sur les *Rapports du sucre indigène avec les progrès de l'agriculture*...

nête homme et homme de dévouement à la chose publique, représentée à ses yeux par l'agriculture, il possédait une instruction solide et un rare esprit d'observation.

Dombasle fut le créateur, l'inventeur de la macération dans son application à l'extraction du sucre; c'est à lui que l'on doit faire remonter l'honneur de cette méthode, qu'il a constituée presque en entier. Nous avons exposé les principes établis par cet illustre observateur (p. 106 et suiv.), et nous renvoyons le lecteur aux écrits mêmes de Mathieu de Dombasle, dans lesquels on ne peut que puiser l'amour de la vérité agricole[1]. Nous extrayons, cependant, un passage significatif d'une de ses publications.

« Avec le procédé de macération, on peut prolonger la fabrication jusqu'en mai, ce qui atténue beaucoup l'inconvénient de la difficulté de conservation des pulpes. Cette prolongation dans la durée de la fabrication résulte certainement de la pureté des jus et principalement de ce qu'ils sont exempts de matière albumineuse, ce qui tend à prouver que ce n'est pas le sucre qui s'altère dans les betteraves à la fin de l'hiver, mais la matière albumineuse[2]. Ce qui est certain, c'est que, dans les opérations prolongées jusqu'au 1er mai, on a obtenu des betteraves du sucre tout aussi beau qu'en hiver, et presque en même proportion.

« Enfin, l'avantage le plus important qu'offre le procédé de macération, c'est que *ses produits en sucre sont beaucoup plus considérables* que ceux qu'on peut obtenir par le râpage et l'expression. A cet égard, je puis donner comme positifs les résultats suivants : cette année, on avait à traiter à Roville des betteraves peu riches en matière sucrée. Dans les années précédentes, le jus des betteraves de la plaine de Roville marquait généralement 8°, quelquefois davantage; mais, cette année, par suite des circonstances de température de l'été et de l'automne, le jus exprimé de ces betteraves marquait à peine 7°. Avec ces betteraves on a obtenu, par la macération, 10 0/0 de

1. Voir surtout l'*Instruction sur la fabrication du sucre de betterave par le procédé de macération à l'usage des fabriques rurales*. Paris, 1839 (éditée chez Bouchard-Huzard). Cette brochure contient en substance les autres publications de Dombasle sur les questions pratiques de la sucrerie indigène.

2. Ceci ne serait pas à l'abri d'objections de détail; mais, en fait, comme Dombasle soumettait les racines à la chaleur, il produisait la coagulation de l'albumine, et la séparation d'une portion notable de la matière azotée.

masse grenée; et, selon que les cuites étaient plus ou moins serrées, cette masse offrait, après la purgation, de 5 1/2 à 6 de fort beau sucre. Les mélasses se réunissaient très-bien et donnaient en second jet à peu près la moitié de leur poids en sucre plus coloré, mais d'un grain très-nerveux, ce qui porte le produit total en sucre à bien près de 8 0/0 du poids des betteraves (*Instruction*, 1839, p. 10 et suiv.). »

Qu'on nous permette une réflexion ou plutôt une question : Voilà un homme intelligent et capable qui obtient, en 1839, par un procédé qu'il livre au public, 8 0/0 de sucre; comment se fait-il qu'en 1872 ce procédé rationnel se débatte encore contre les presses, bien que celles-ci ne rendent que 5 à 6 0/0? Combien de temps se passera-t-il encore avant que l'on se décide à écouter les conseils de la raison et à comprendre que, si la chaudronnerie tue la sucrerie, les fabricants en sont bien un peu la cause première par leur apathie et leur aversion contre tout ce qui tend à leur faire quitter l'ornière de leur chère routine?

Plus loin, Dombasle démontre que le procédé de dessiccation des cossettes, le fameux procédé allemand de Schützenbach, n'est pas utilement applicable... Nous verrons plus tard combien cette appréciation était rationnelle, et nous n'hésitons pas à avouer tout le plaisir que nous éprouvons en constatant la justesse d'observation avec laquelle les vrais *chercheurs* français signalent les aberrations d'esprit et les illusions que l'étranger cherche à introduire parmi nous. Tous ne se laissent pas prendre au piége, et si des étourdis se font les panégyristes de tout ce qui vient de loin ou passe pour en venir, il en est d'autres qui étudient, qui examinent et qui comparent.

Le nombre est grand de tous ceux qui assistèrent, en acteurs laborieux, à l'enfantement de la sucrerie de betterave; un volume entier ne pourrait suffire à raconter leurs efforts, leurs tentatives, leurs essais fructueux ou stériles. Nous ne pourrions y suffire et nous nous écarterions du plan de notre ouvrage en essayant d'en faire une simple analyse. Nous bornons donc ici cet aperçu des premiers travaux de la sucrerie indigène et nous ajoutons à ces données sommaires quelques renseignements sur divers instruments usités à cette époque.

III. — PRINCIPAUX APPAREILS DE L'ANCIENNE SUCRERIE INDIGÈNE.

Nous ne songeons pas le moins du monde à faire un traité des machines employées dans la fabrication du sucre; mais nous croyons utile de mettre sous les yeux du lecteur au moins le résumé des principales dispositions imaginées dans les premiers temps de la sucrerie, afin de rendre plus facile, par une sorte de travail comparatif, l'appréciation des instruments modernes.

Division de la matière. — La *râpe de Burette* dont on se sert encore dans plusieurs sucreries et dont la construction sert de base à celle de la râpe ordinaire des sucreries et des féculeries a déjà été décrite (p. 80, fig. 4).

On a mieux, sans doute; mais cet instrument, construit sur de bons principes, représente le type normal simple, auquel la fabrication a songé d'abord.

Râpe de Thierry. — En 1812, M. Thierry présentait à la Société d'encouragement une râpe de son invention qui était en usage dans la fabrique de M. Delessert.

Cet instrument fut l'objet d'un rapport très-favorable, dont nous reproduisons l'extrait :

La partie principale de cette machine est un cylindre de $0^m,70$ de diamètre et de $0^m,35$ de longueur, formé de cent vingt lames ou douves de fer forgé, d'environ $0^m,02$ de largeur, dont chacune porte une crête anguleuse longitudinale et prise sur pièce, de $0^m,003$ à $0^m,004$ de saillie et taillée en dents de scie équilatérales.

Ces douves, qui ne laissent aucun intervalle entre elles, sont fixées chacune par trois vis sur trois des cinq cercles de fer qui les supportent. Ces cercles sont montés sur des croisillons, qui sont montés sur un même axe, à l'extrémité duquel est un pignon qui communique l'action du moteur.

Les deux bouts du cylindre sont fermés par deux plaques de tôle fixées par des vis sur les deux croisillons extrêmes, afin que rien ne puisse pénétrer dans l'intérieur du cylindre.

Sur le châssis même portant les coussinets qui reçoivent les

tourillons de l'axe, et au-devant du cylindre, est arrêtée très-solidement une boîte rectangulaire partagée en deux par une cloison longitudinale. Le fond de cette boîte, dont la longueur est perpendiculaire à l'axe du cylindre, fait avec le plan tangent au cylindre un angle d'environ 60°. Les extrémités de cette boîte et environ la moitié de leur paroi supérieure sont ouvertes du côté le plus éloigné du cylindre. On place les betteraves de ce côté, et on les presse vers l'autre extrémité contre le cylindre, au moyen de deux poussoirs de bois, dont un arrêt règle la course, de manière qu'ils ne puissent toucher les dents du cylindre. On peut aussi charger ces poussoirs d'un poids assez fort pour comprimer les betteraves contre le cylindre. Alors on les éloigne, au moyen d'une bascule, pour placer la betterave au fond des boîtes.

Deux enfants fournissent de betteraves les cases de la boîte, et une femme peut manœuvrer les deux poussoirs sans même exercer toute la pression dont elle serait capable pour un travail continu.

Il faut, pour obtenir tout l'effet de cette machine, que le cylindre fasse environ six tours par seconde, temps suffisant pour qu'il déchire une betterave de quatre livres. On conçoit qu'avec une pareille vitesse les râpures de betteraves, animées d'une grande force centrifuge, ne peuvent jamais empâter les dents; aussi les cylindres sont-ils toujours très-propres.

Pour retenir la râpure et la faire tomber dans une caisse doublée de fer-blanc placée sous la machine, le cylindre est recouvert d'une cape demi-circulaire en tôle, dont les extrémités sont armées de quatre broches qui entrent dans des trous pratiqués dans le châssis de la machine.

Effets. — Dans une expérience faite à la fabrique de M. Delessert, deux semblables cylindres mus par deux chevaux, au moyen d'un système d'engrenage convenable, ont râpé 100 kilogrammes de betteraves en 74 secondes; ce qui porterait le produit d'un cylindre à 4,865 kilogrammes par heure. Mais, par des expériences comparatives de l'effet à bras d'hommes, et de ce qu'on peut attendre d'un travail continu, nous croyons que l'on ne peut compter que sur 3,000 kilogrammes par heure pour chaque cheval.

A l'avantage de la solidité que la construction tout en fer du cylindre assure à cette machine, le poids même du cylindre en ajoute un autre, c'est de faire *aidière* pour vaincre les inégalités de la résistance. En estimant la force d'un cheval comme capable d'élever 888,000 kilogrammes à 1 mètre de hauteur en dix heures, on trouvera que la résistance tangentielle, vaincue par la surface dentée du cylindre, est à peu près de 19 kilogrammes, avec 13 mètres de vitesse par seconde.

Pour que ce cylindre puisse marcher une seconde sans recevoir de nouvelle impression du moteur, le calcul demande que la masse distribuée à sa surface soit de 50^{k},682.

Or, nous avons trouvé cette masse de 54 kilogrammes. Le poids du cylindre est donc convenable pour suppléer aux inégalités des résistances ou aux interruptions de l'action de la puissance.

Fig. 81.

La figure ci-contre (fig. 81) indique seulement la forme des lames de scie et la manière dont elles sont attachées sur les croisillons, ce qui suffit à pouvoir établir cette machine, si on le désirait.

A indique la coupe transversale des lames, et B leur coupe longitudinale. Trois boulons *ccc*, un au milieu et les deux autres aux extrémités, servent à fixer solidement les lames sur les croisillons *ddd*, ainsi qu'on le voit dans l'assemblage représenté en C. Les croisillons *ee* ne sont destinés qu'à supporter les lames, dans la partie moyenne, pour soutenir l'effort de la pression des rabots.

Les autres détails relatifs à la râpe Thierry sont faciles à saisir au moyen de la description que nous en avons reproduite, mais cette râpe est susceptible de diverses améliorations. Il serait bon de maintenir entre les lames dentées un petit écartement d'au moins un demi-centimètre; cette disposition permettrait à la pulpe de mieux se dégager, et favoriserait la manœuvre à exécuter dans le cas où l'on voudrait placer une ou plusieurs lames de rechange.

Pilons de Drapièz. — En 1811, M. Drapièz pilait ses racines dans une sorte de bocard dont les pilons étaient armés de lames tranchantes. Les morceaux divisés assez grossièrement passaient ensuite dans un moulin analogue au petit moulin à café... Il y avait certes loin de cela à la râpe de Thierry ou à celle de Burette; mais ce bocardage de la matière saccharifère pourrait peut-être recevoir une application utile pour la canne à sucre et le sorgho, dans certaines circonstances données.

Cardeuse Pichon et Moyaux. — Le 8 janvier 1812, M. Ch. Derosne présenta à la Société d'encouragement un rapport favorable sur la *machine à râper* les betteraves, inventée par MM Pichon et Moyaux.

Cette râpe n'était autre chose qu'une véritable *cardeuse*, dont le tambour cardeur portait des dents de fer au lieu de cardes, et réduisait en pulpe les betteraves qui lui étaient amenées par des tringles de bois faisant fonction d'une toile sans fin.

Laissons parler M. Derosne lui-même, au sujet de cet appareil.

« Je regarde cette nouvelle machine, dit-il, comme la plus parfaite qui ait encore paru en ce genre. Elle me paraît réunir tous les avantages des machines connues jusqu'à présent, sans avoir aucun de leurs inconvénients; car, non-seulement la pulpe qu'elle fournit est d'une excellente qualité, et le cylindre triturateur n'a pas l'inconvénient de s'engorger, mais encore la force employée pour mettre la machine en mouvement m'a paru, comparativement au produit obtenu, extrêmement inférieure à celle qu'exigent les autres machines proposées pour le même usage.

« Cette machine a râpé en ma présence 400 kilogrammes de betteraves en une heure, en n'employant que la force de deux hommes pour tourner la roue, et celle d'un enfant pour fournir les betteraves. »

Il est évident qu'un si faible produit ne serait plus admissible aujourd'hui; mais les idées des mécaniciens étaient portées alors à imiter, pour la rasion des racines, les machines employées au cardage des matières textiles.

Râpe Caillon. — Nous en trouvons encore un exemple dans

la machine à râper inventée par M. Caillon, en 1812, et dont nous ne donnerons pas la description détaillée : il nous suffira de dire qu'elle consistait essentiellement en deux tambours de fonte, placés dans le même plan horizontal relativement à leur axe, et dont le mouvement se communiquait de l'un à l'autre par des engrenages. Le premier, mis en mouvement par le moteur, avait une vitesse soixante-dix fois plus considérable que le second, et leur diamètre était de 0m,50 sur 0m,90 de longueur. Ils étaient armés de dents de rochet pointues, taillées dans la fonte même ou rapportées et boulonnées.

Au-dessus de la machine se trouvait une trémie pour recevoir les racines et au-dessous une caisse pour la pulpe...

Râpe de Sauer-Schwabenheim. — Le 6 juillet 1813, le comte de Sussy, ministre des manufactures et du commerce, transmit à la Société d'encouragement la description et le dessin d'une râpe à diviser les betteraves, dont on faisait usage à la sucrerie impériale de Sauer-Schwabenheim, et sur laquelle il lui avait été fait un rapport avantageux.

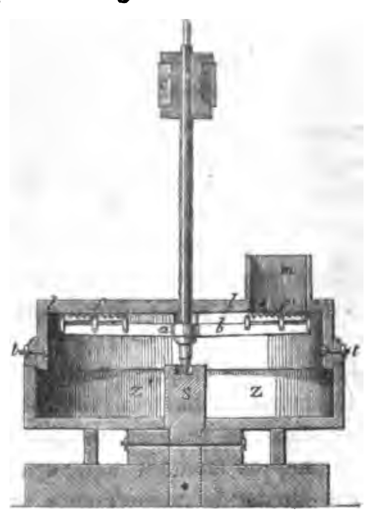


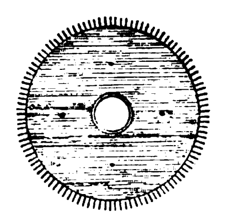
Fig. 82.

Cette râpe (fig. 82) était mue par un manége, qui communiquait le mouvement à une lanterne *e*, attachée à l'arbre vertical passant par le centre des lames dentées formant la râpe, et

terminé par un pivot inférieur reposant sur un point d'appui S. La boîte ZZ, dont le couvercle *ll* mobile se laissait détacher par les vis *tt*, recevait la pulpe des betteraves qui étaient introduites en *m*. La râpe était essentiellement composée d'une roue *ab* supportant de 140 à 150 couteaux dentés *ff* légèrement inclinés sur le rayon. Ces couteaux, de 11 pouces de longueur, étaient maintenus aux extrémités et au milieu par des anneaux.

Enfin, depuis cette époque, plusieurs inventeurs cherchèrent à perfectionner les machines à râper, en partant de diverses considérations plus ou moins fondées. Il serait peu utile de s'arrêter à décrire ces appareils, et nous nous bornerons à mentionner la râpe d'Odobbel dont nous aurons à dire quelques mots dans le prochain chapitre. Il est cependant intéressant de jeter un coup d'œil sur la disposition imaginée par Mathieu de Dombasle, à l'usage des sucreries agricoles.

Râpe de Dombasle. — Cette râpe est, sans contredit, la plus élémentaire de toutes et, peut-être, serait-elle à la portée des exploitations agricoles, dans le cas où l'industrie sucrière prendrait sa place dans la ferme. Nous en donnons une coupe transversale (fig. 83).


Fig. 83.

Que l'on se figure des disques en chêne, ayant 0m,054 d'épaisseur sur un diamètre de 0m,60 à 0m,65 environ, percés au milieu d'un trou pour le passage d'un axe en fer et, entre le centre et la circonférence, soit au milieu du rayon, de quatre trous plus petits disposés à angle droit, comme l'indique la figure 83.

On superpose huit de ces disques, de manière à former un cylindre de 0m,45 environ de hauteur; mais il faut faire attention à les placer dans un sens opposé par rapport au *fil* du bois. On les boulonne, on monte le tout sur un axe solide, et l'on fait tourner et ajuster la circonférence. On pratique alors des traits de scie dans le sens de la longueur et l'on fait entrer à frottement dans ces ouvertures des lames de scie de 0m,27 à 0m,30 de largeur, dont les dents ressortent et font saillie tout autour de la circonférence. Ces lames sont écartées de 0m,020 l'une de l'autre, et elles ressortent de 0m,005 à chaque ex-

trémité, pour qu'on puisse les enlever au besoin à l'aide du ciseau.

On peut, à volonté, en enlever les lames pour les limer, etc. Lorsqu'elles sont devenues trop courtes, on enlève un peu de bois, à l'aide d'un guillaume, entre les lames... Cette râpe paraît avoir été d'un bon usage; en tout cas, la construction en est très-économique, et elle peut être établie facilement partout. Les autres pièces accessoires ressemblent à celles de la râpe de Burette.

Pression de la matière divisée. — Il a été parlé brièvement de la presse continue de Pecqueur et d'une autre presse du même genre, rappelée par la figure 8 (p. 88). Nous avons indiqué le véritable rôle des presses continues (p. 89).

Presse Lauvergnat. — Cette presse, dont la figure 84 donne l'idée sommaire, était encore une sorte de presse continue, après l'action de laquelle une bonne presse à vis, ou à choc, pouvait encore extraire de la pulpe 15 à 20 0/0 de suc. Nous n'en parlons que pour mémoire et pour en rappeler la disposition, qui pourrait être appliquée dans des conditions meilleures.

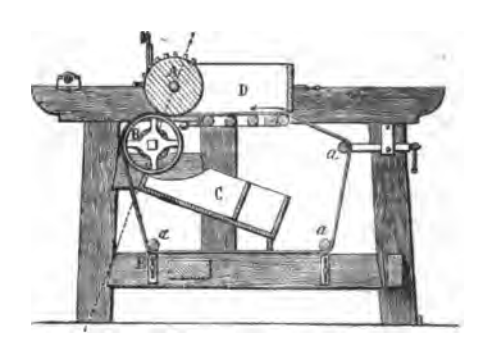


Fig. 84.

Le cylindre A en bois et le cylindre en fonte B prenaient la pulpe qui était fournie à une toile sans fin par la trémie D.

La toile sans fin était convenablement tendue par plusieurs rouleaux et le jus tombait dans une bache C pendant que la pulpe se rendait dans une caisse E.

Cette machine, bien que fort intelligemment construite, ne

pouvait donner de bons résultats, par la raison qui milite contre les presses à cylindres, en général, et que nous avons indiquée; le rendement en était beaucoup trop faible, et naturellement l'usage en a été abandonné.

Nous ne décrirons pas ici les diverses autres presses *à levier*, *à coins, à tesson*, à *choc*, qui ont été plus ou moins usitées pendant la première période de la fabrication indigène, et nous ne pensons nullement à les comparer à la presse hydraulique; mais nous reproduisons un document curieux relativement à la pression des pulpes sucrées, que nous empruntons au *Bulletin de la Société d'encouragement*.

Presse Isnard. — En 1813, M. Isnard, directeur de la sucrerie impériale de Strasbourg, communiqua à la Société d'encouragement un mémoire intéressant sur différentes presses employées en sucrerie, et nous croyons devoir le mettre sous les yeux du lecteur, ainsi que le rapport dont il a été l'objet au mois de juillet de cette même année...

« Diverses sortes de presses ont été proposées pour extraire le suc de la betterave réduite en pulpe. Les leviers de toute espèce, la vis, le cric, le coin, l'eau refoulée, ont été mis en jeu, plus ou moins avantageusement, pour atteindre ce but.

Sans discuter en détail les avantages et les inconvénients attachés à chacune de ces presses, nous nous permettrons d'examiner rapidement si, parmi celles qui ont été généralement adoptées, il en est qui satisfassent pleinement aux conditions que requiert une bonne presse à betteraves, et que nous faisons principalement consister :

1° Dans la promptitude et la facilité de son service;

2° Dans la grandeur de son effet de pression;

3° Dans l'économie de sa construction et de son entretien;

4° Dans la sûreté de son service;

5° Dans l'économie du pressurage.

M. Achard, de Berlin, et quelques autres après lui, ont proposé un levier de la deuxième espèce. Cette presse, très-simple et peu dispendieuse, est d'un effet assez prompt. Mais si l'on considère le peu de matière qui peut être soumis chaque fois à la pression et le peu d'effort que développe cette presse, nul doute qu'elle ne soit rejetée par tout fabricant qui se proposera un travail de quelque importance. Pour nous fixer sur son

effet de pression, supposons la longueur de son levier de 10 pieds, la distance du point de pression au point d'appui de 2 pieds; admettons que le levier soit baissé par une corde qui se roulerait alentour d'un cabestan dont l'axe aurait 6 pouces de diamètre, que les leviers soient de 4 pieds; soit 200 livres l'effort de deux hommes agissant sur les bras du cabestan, on trouvera que, déduction non faite du frottement, l'effet résultant n'est que de 8,000 livres, effet insuffisant pour extraire tout le suc de la betterave que l'on soumet à la pression.

Le même genre de presse a été adopté par quelques fabricants. Seulement, au lieu de baisser le levier par le moyen d'un cabestan, ils l'ont baissé par le moyen d'une vis en bois et ont ainsi converti cette presse, d'abord si simple, en un grand pressoir à tesson, par l'obligation où ils se sont trouvés de renforcer toutes les pièces qui le composent. Mais autant la presse de M. Achard est simple et facile à construire et à manœuvrer, autant le pressoir à tesson est volumineux, dispendieux à établir et incommode à faire agir.

Si l'on considère d'ailleurs le temps considérable qu'il faut pour baisser le levier au moyen de la vis, celui qu'il faut pour le lever, et qui est presque entièrement perdu pour le travail, on conviendra que ce pressoir est loin d'être aussi avantageux qu'il le paraît d'abord. Examinons quel est son effet de pression : supposons que la longueur du levier est de 24 pieds [1], que le pas de vis est de 3 pouces, que la longueur du levier appliqué à la vis est de 3 pieds, et que l'effort de deux hommes employés à faire tourner la vis est de 200 livres : l'effort de pression résultant sera de 172,800 livres, déduction non faite du frottement, qui est très-considérable dans une vis en bois. M. Achard, qui a senti de quel avantage serait une bonne presse pour la fabrication en grand du sucre de betterave, a proposé, dans son grand ouvrage sur le sucre européen, une machine gigantesque. Nous n'entreprendrons point de la décrire, puisque, de son avis même, cette machine n'est nullement avantageuse, et qu'il s'est vu forcé d'y renoncer dès la première année de sa fabrication, ainsi que le baron de Koppy, à Crauen; le baron Lorenz, son beau-fils, près Leipsick;

1. La distance du point de pression au point d'appui étant de 2 pieds.

M. Mohr, à Wachenheim, et divers fabricants à Nancy, qui l'avaient fait construire à grands frais l'année dernière. Indépendamment du vice capital de cette presse, qui consiste dans la mauvaise application de la force motrice, elle devait être encore rejetée comme étant d'une construction trop embarrassante et surtout trop dispendieuse.

Quelques fabricants ont fait usage du cric; mais ils n'ont pas tardé à renoncer à cette machine, dont l'effet est très-limité, et qui demande de fréquentes réparations. D'autres, mieux instruits de l'effet qu'on pouvait obtenir du cric, n'ont soumis la pulpe de la betterave à son effort que pour en extraire le premier suc, qui s'échappe facilement, et ont soumis ensuite la pulpe à moitié pressée à l'action du pressoir à vis en fer. Mais de grands inconvénients devaient résulter de cette manière de procéder, qui exigeait une dépense double pour l'achat des presses, un emplacement considérable et surtout une main-d'œuvre très-grande pour placer et déplacer quatre fois la matière, ce qui, dans toute autre presse, n'eût exigé que la moitié du travail.

La presse hydraulique a été employée par quelques fabricants qui, ne redoutant aucune dépense, n'ont vu dans cette machine que son dernier effet, sans réfléchir aux inconvénients qu'elle présentait dans le travail continu, et l'on peut même dire forcé, d'une fabrique de sucre. En effet, n'a-t-on pas à craindre que le piston du corps de pompe, que les différentes soupapes, en opérant plus de cent fois par jour et pendant plus de cent jours, ne s'usent bientôt, sinon totalement, du moins en partie? et ne doit-on pas craindre d'être arrêté dans le travail? Peut-on se promettre d'avoir à sa portée un ouvrier assez habile pour remédier sur-le-champ au moindre dérangement de cette presse délicate? Mais quand ces inconvénients ne se joindraient pas à celui de l'excessive cherté de cette presse, on peut assurer que son effet de pression est bien au-dessous de celui qu'ont avancé quelques personnes qui, sans doute, avaient des motifs pour se faire illusion. Que l'on se reporte à la page 112 du *Traité des machines*, de M. Hachette : on trouve que, dans la presse hydraulique qu'il décrit, la pression exercée par un homme sur la tête du piston n'est que d'environ 27,188 livres. Il est vrai que la presse hydraulique peut être construite de manière à développer une plus forte pression;

mais fût-elle double, elle serait bien au-dessous de ce qu'on a avancé sur son effet.

Un autre inconvénient que l'auteur croit reconnaître à la presse hydraulique est la perte de temps qui résulte de sa disposition, laquelle ne permet pas à l'ouvrier d'accélérer le mouvement du levier en proportion du peu de résistance que lui offre la matière.

Les cylindres, employés aux îles avec tant d'avantage pour écraser la canne à sucre, ont dû faire naître l'idée d'appliquer ce moyen de pression aux betteraves. Nous ignorons quels succès ont eus les divers cylindres proposés à cette fin; mais, d'après ses expériences, M. Isnard croit entrevoir de grandes difficultés à surmonter pour obtenir un résultat avantageux de ce genre de presse. Nul doute que la pression continue qu'exercera cette presse ne soit des plus favorables; mais le peu de succès des cylindres de M. Achard, qui agissaient avec un effort de plus de 10,000 livres, et qui étaient placés d'une manière favorable pour faciliter l'écoulement du suc, est fait pour inspirer quelques craintes sur la bonté des presses de ce genre.

La presse qui a été le plus généralement employée est la presse à vis; il est certain que cette machine présente les plus grands avantages, et que, bien appropriée à l'usage auquel on la destine, elle remplira parfaitement son objet.

On trouve réuni dans la vis en fer forgé, à la solidité la plus grande, le moyen de développer la force la plus considérable. Pourquoi faut-il que généralement la disposition de cette machine soit si peu favorable qu'elle consomme en pure perte plus de la moitié du temps employé au service, et que la matière soumise à son action soit si mal disposée que le pressurage n'en puisse jamais être complet?

Arrêtons-nous un moment à examiner le travail qui s'opère sur une presse à vis; car c'est en réfléchissant à ce qu'offre de favorable et de défectueux ce genre de presse, que M. Isnard a conçu et fait exécuter la presse continue à double effet. Dans les presses à vis qui sont employées dans les fabriques de sucre de betterave, la pulpe est placée dans un encadrement de planches percées de plusieurs trous, ou dans un panier de forts brins d'osier. L'obligation où l'on se trouve de contenir la pulpe, dans la crainte qu'elle ne s'affaisse, ne permet pas

d'autres dispositions, à moins qu'on ne fasse usage de sacs; mais tous ceux qui s'en sont servis conviendront sans difficulté que ce moyen est dispendieux et peu profitable. La pulpe se trouve comprimée entre le banc de la presse et le plateau de la vis, qui ne présentent aucune issue au suc; ce suc n'a donc d'autre moyen de s'écouler que par les faces latérales. Mais comment espérer que tout le suc puisse s'écouler ainsi? A mesure que la pression augmente, la partie solide de la pulpe se comprime, se rapproche, et présente bientôt un obstacle tel que le suc ne peut plus le franchir.

Si l'on a fait bien attention à ce qui se passe dans cette circonstance, on a dû remarquer qu'arrivé à un certain degré de pression, l'écoulement cesse tout à coup, et, quelque effort que l'on fasse, on ne parvient plus à obtenir de suc. On se tromperait beaucoup si l'on croyait qu'alors la pression de la masse totale est complète : elle ne l'est qu'aux extrémités qui ont pu laisser échapper facilement leur suc; aussi a-t-on besoin d'ouvrir la presse, de ramener au centre les extrémités pressées et de recommencer l'opération. Mais quelle perte de temps n'entraîne pas un pareil travail, et quelle main-d'œuvre n'exige-t-il pas? Sous ce rapport, cette presse est déjà bien défectueuse; mais ce n'est pas là son plus grand défaut, car celui de la perte de temps qu'entraîne la disposition verticale de la presse mue par un levier qu'on est obligé de tirer par un cabestan n'est guère moindre; et en assurant qu'on ne gagne pour la pression que le tiers du temps employé au service de la vis, ce n'est pas trop rabattre de son effet. Tous ceux qui ont fait usage de ce moyen de pression conviendront encore qu'il faut perdre presque autant de temps pour desserrer la vis, charger et décharger la presse, que pour opérer la pression : la vis n'opère donc la pression que pendant la moitié du temps employé au travail de la presse. De plus, la vis exigeant l'emploi d'un levier pour développer une grande pression, et ce levier devant nécessairement faire une marche rétrograde à chaque quart de révolution, pour être placé de nouveau à la tête de la vis, il résulte de là qu'il se trouve un temps où la pression ne s'opère pas, égal à celui où la vis agit, sans compter que l'inertie que l'on a à vaincre à chaque nouveau mouvement de la vis consomme une partie de la force employée.

Si l'on s'attache à considérer les presses à vis sous les rap-

ports économiques, soit de construction, soit d'entretien et de main-d'œuvre, on ne les trouve guère moins défavorables. En admettant qu'une forte presse agisse sur 200 livres de pulpe à la fois, et qu'une demi-heure soit nécessaire pour en opérer la pression, on trouvera que, pour une fabrique qui aurait à exploiter 24,000 livres de betteraves par jour, il faudrait six presses qui ne coûteraient guère moins de 8,000 à 9,000 francs, et qui exigeraient des réparations annuelles considérables.

Si l'on admet que deux ouvriers sont nécessaires pour le prompt service d'une pareille presse, il en résulte qu'il faut douze ouvriers pour cette opération, ce qui la rend presque onéreuse au fabricant.

L'un des avantages de la vis en fer, avantage qui a engagé M. Isnard à lui donner la préférence sur toute autre, c'est l'effet qu'elle est susceptible de développer, effet que l'on est loin d'obtenir dans une presse ordinaire, quelque grands et dangereux que soient les efforts faits au moyen d'un cabestan : nous disons dangereux, car un accident fâcheux, arrivé cette année dans la fabrique de M. Isnard, a prouvé combien était à craindre la tension trop forte d'un câble et quels malheurs peut occasionner sa rupture.

Pour fixer les idées sur l'effet de pression dont est susceptible une forte presse à vis, supposons le pas de vis en fer d'un pouce, la longueur du levier de 3 pieds; l'effort de deux hommes au cabestan de 160 livres: on trouvera que la pression exercée par le plateau sera de 138,240 livres (pour simplifier les calculs, on a toujours supposé le rapport du diamètre à la circonférence de 1 à 3), déduction non faite du frottement; effort bien supérieur à celui de toute autre presse, mais qui n'est guère que la moitié de celui que deux hommes peuvent facilement développer sur la presse continue, déduction faite du frottement.

Pénétré des avantages que réunissait la vis en fer forgé, c'est à cette machine que M. Isnard a donné la préférence pour la presse qu'il a fait construire, presse qui lui a été fort avantageuse, ainsi qu'à MM. Blaize, qui l'ont adoptée en 1812 dans leur fabrique de Nancy. Il en a depuis fait construire pour ces fabricants une seconde, propre à travailler 30,000 livres pesant par jour, et destinée à être employée cette année dans leur fabrique à Toul.

Si la presse que l'on va décrire n'offre rien de nouveau dans ses détails et dans les différentes pièces qui la composent, on ne pourra du moins refuser à l'auteur le mérite de l'avoir disposée d'une manière telle, qu'il en résulte tous les avantages que l'on est en droit d'exiger d'une bonne presse :

1° Promptitude et facilité du service, la vis n'étant aucun instant sans presser, soit qu'elle aille de gauche à droite, ou de droite à gauche;

2° Effet de pression considérable, puisqu'il peut s'élever, déduction faite du frottement, à plus de 600,000 livres;

3° Économie de construction, cette presse remplissant l'office de six autres, et ne coûtant que 2,000 francs;

4° Sûreté de service, aucune pièce ne pouvant éprouver de fracture, et par suite occasionner d'accident;

5° Enfin, économie du pressurage : trois ouvriers peuvent travailler de 24,000 à 30,000 livres de pulpe en dix heures, et obtenir tout le suc que l'on est en droit d'en attendre, la disposition étant des plus favorables pour son écoulement.

Construction de la presse continue à double effet. — La presse continue se compose de deux jumelles de bois de chêne de 12 pieds de long, 26 pouces de hauteur et 6 pouces d'épaisseur, posées sur champ, distantes l'une de l'autre de 26 pouces. Elles sont jointes ensemble par quatre madriers de chêne, dont deux sont posés à 12 pouces des extrémités des jumelles, et deux à 4 pouces de leur centre. Par cette disposition, cette charpente forme deux encadrements de presse, l'un à droite, l'autre à gauche du centre des jumelles, ayant 36 pouces de longueur, 26 pouces de hauteur et 26 pouces de largeur.

Une vis en fer forgé, de 63 pouces de longueur, traverse les deux madriers du milieu par leur centre; et son écrou, qui est en cuivre, est retenu entre l'intervalle de 8 pouces que laissent entre eux les deux madriers du centre. Cette vis porte à chacune de ses extrémités un fort plateau de chêne, ayant exactement les mêmes dimensions que l'encadrement dans lequel il se trouve. L'écrou de la vis est entouré de deux disques de fer, de 24 pouces de diamètre, ajustés le plus solidement possible à l'écrou. Ils sont distants de 4 pouces, et retiennent entre eux une gorge en cuivre taillée en pas de vis sans fin, qui

s'ajuste dans cette gorge et a ses deux points d'appui sur l'une et l'autre jumelle.

Par un mécanisme très-simple, mais plus facile à comprendre par l'inspection du modèle qu'à décrire, la vis sans fin peut à volonté s'ajuster dans la gorge de cuivre ou en être dégagée.

L'un des disques en fer qui entourent l'écrou est garni dans tout son contour de dents en fer, qui s'engrènent dans une lanterne conique de même métal, dont l'un des axes se prolonge extérieurement à l'une des jumelles. Cet axe, ainsi que celui de la vis sans fin, est taillé de manière à recevoir cette manivelle.

Pour placer la pulpe de la manière la plus favorable pour laisser écouler le suc, on a posé de distance en distance des jumelles une planche percée de plusieurs trous. Les deux encadrements de presse sont divisés en quatre compartiments par trois planches de chêne, portant sur les lattes qui sont au bas des deux encadrements, lesquelles lattes ont leur point d'appui sur les traverses qui maintiennent toute la presse à 10 pouces de distance de la table doublée en plomb, sur laquelle tombe le suc, qui s'écoule au moyen de la pente qu'on lui a ménagée.

Dans chacun des compartiments, on a adapté un sac, fait avec des ficelles fortes et peu serrées. Par cette disposition, on voit déjà que le suc peut trouver son écoulement par le haut, le bas et les faces latérales du compartiment.

Restait à procurer l'écoulement au suc par les grandes surfaces où la pression s'opère. C'est ce qui a été fait de la manière la plus avantageuse, en appliquant une natte faite avec de forts brins d'osier entre chaque sac et les deux planches correspondantes.

Par ce moyen, quelque grande que puisse être la pression, il reste toujours un passage facile au suc, puisque le sac ne peut adhérer aux planches de séparation.

Telle est, en peu de mots, la construction de la presse continue à double effet, presse aussi solide dans son ensemble que simple dans ses détails.

Manœuvre de la presse. — Lorsqu'on veut faire manœuvrer la presse, on commence par rapprocher l'un des plateaux de

pression jusqu'au madrier du centre de correspondance, et au moyen de quatre sangles qui réunissent par les côtés les quatre planches de séparation, ces planches prennent d'elles-mêmes leur position à 8 pouces de distance. On place alors dans chacun des intervalles qu'elles laissent un sac vide, que l'on remplit à mesure de 150 à 160 livres de pulpe, et on replie sur lui-même l'excédant de la toile que l'on a ménagée à chacun des sacs : par ce moyen la matière se trouve suffisamment maintenue. Pour que les sacs ne descendent pas jusqu'à la grille de l'encadrement par l'extension que prend la pulpe au commencement de la pression, on a fixé, d'une planche à l'autre, et au-dessous des sacs, des sangles qui les maintiennent à une hauteur convenable. Les sacs étant remplis, on dégage la vis sans fin : un ouvrier porte la manivelle à l'axe de la lanterne et commence à agir. Quatre-vingt-dix tours sont suffisants pour faire avancer la vis de seize pouces. A ce degré de pression, un ouvrier étant insuffisant pour agir avec célérité, quoiqu'il puisse facilement développer un effort de 15,000 livres, il porte la manivelle à la vis sans fin, assujettit celle-ci dans la gorge, et continue le même mouvement.

A mesure que la vis marche de gauche à droite (nous supposons qu'on a chargé l'encadrement de droite le premier), un autre ouvrier place les sacs de gauche dans les compartiments, qui se disposent d'eux-mêmes par le moyen des sangles ; et le troisième ouvrier les remplit, ayant soin de commencer par celui qui est le plus éloigné du madrier du centre.

Le temps pour remplir les trois premiers sacs a été suffisant pour que l'ouvrier qui communiquait le mouvement à la grande vis, par le moyen de la vis sans fin, n'ait plus que 3 ou 4 pouces de vis à développer de gauche à droite pour que la pression soit complète ; mais comme, à ce point de pression, la résistance qu'offre la matière est très-grande, et qu'un dernier et grand effort devient nécessaire, le deuxième ouvrier, qui a déjà placé son quatrième sac, se porte à la manivelle ; et, conjointement avec l'ouvrier qui y était, il exerce pendant trois ou quatre minutes un effort de pression de plus de 600,000 livres, déduction faite de tout frottement : effet, comme l'on voit, bien supérieur à celui de toute autre presse, et plus que suffisant pour dessécher complétement la pulpe qui sort de cette presse en gâteaux semblables à ceux des huiles de colza.

L'effet de 600,000 livres paraîtra peut-être exagéré, dit l'auteur; mais, étant évalué d'après les principes les plus simples de la statique, il croit devoir en présenter le calcul.

La vis en fer ayant un pouce de pas, le levier qui agit sur l'écrou ayant 12 pouces de longueur et le pas de la vis sans fin 1 pouce, le rayon de la manivelle 12 pouces, supposons que l'effort de deux ouvriers, pendant les trois ou quatre minutes seulement qu'ils ont à développer le dernier effort, agisse avec une force de 160 livres, on trouvera que l'expression de la force pour faire équilibre est de : *circonférence* $\frac{24}{1}$ × *circonférence* $\frac{24}{1}$ × 160 livres = 829,440 livres. Si l'on admet que, par les différents frottements, on éprouve la perte d'un quart de l'effet développé, il en résultera toujours que l'effet de pression exercé sur la matière sera de 662,000 livres.

On a dit que, dans chaque sac, on mettait de 150 à 160 livres de pulpe; chaque charge se composera donc au minimum de 600 livres : trois minutes sont suffisantes, au moyen de la lanterne, pour faire avancer la vis de 16 pouces; cinq minutes sont encore plus que suffisantes pour la faire avancer de 5 autres pouces, et trois ou quatre minutes sont nécessaires pour opérer la dernière pression.

Comme il n'est aucun instant de perdu au moyen de cette presse; que les ouvriers, sans avoir jamais un travail forcé, ont constamment à agir, on peut admettre quatre pressées par heure. M. Isnard en a toujours fait plus de cinq, et MM. Blaize en ont fait trois par heure : ce sera donc 24,000 livres de pulpe par heure, et pendant dix heures 240,000 livres au minimum.

Si l'on examine attentivement la disposition de cette presse, on ne pourra se refuser de convenir qu'il en est peu qui présentent une sûreté plus grande dans le service; l'on n'a à craindre nulle rupture de câble ni de levier, et la vis sans fin ou toute autre pièce dût-elle même éprouver un accident, il ne pourrait être dangereux pour les ouvriers, toutes ces pièces étant renfermées.

Dans sa construction, cette presse n'est pas moins solide; des jumelles de 6 pouces d'épaisseur, assujetties en quatre points par des madriers de 10 pouces et seulement de 20 pouces de longueur, offrent une solidité bien supérieure à celle des

autres presses, dans lesquelles l'on exige souvent des différentes pièces qui les composent presque tout l'effort dont elles sont capables. Enfin, cette presse, qui a été si avantageuse à M. Isnard, ainsi qu'à MM. Blaize, de Nàncy, qui ont exploité chaque matinée 17,000 livres de betteraves, offre encore le bien grand avantage d'être peu dispendieuse... »

Nous n'avons parlé avec tant de détails de la presse continue à double effet de M. Isnard, que parce qu'elle a été autrefois l'objet d'éloges exagérés. Son action était aussi incomplète que celle des autres presses, et aujourd'hui elle est tombée en désuétude : nous nous dispenserons donc d'en reproduire la figure. Il convient de remarquer, cependant, qu'à l'époque dont nous parlons, aussi bien que de nos jours, on ne manquait pas de raisons spécieuses pour critiquer les inventions et appareils d'autrui, lorsque l'on avait soi-même quelque spécialité à faire valoir. M. Isnard nous en fournit une preuve lorsque, dans l'intérêt de sa presse continue, il fait si bon marché de la presse hydraulique et de toutes les presses possibles.

Aujourd'hui, on possède des douzaines de presses dont l'effet est plus puissant avec une dépense moindre, sans mettre la presse hydraulique en question.

Appareils de lévigation. — A partir de la découverte des faits d'endosmose par M. Dutrochet (1826), et des applications qui en furent faites par Mathieu de Dombasle, les imaginations se mirent en campagne et il se produisit un grand nombre d'appareils de déplacement. Nous dirons quelques mots des principaux.

Lévigateur-Pelletan. — L'appareil de M. Pelletan, présenté en 1837 à l'Académie des sciences, se compose d'une vis d'Archimède en segments séparés et criblés de trous et plongeant dans une caisse rectangulaire. Cette vis est inclinée; la pulpe y entre par la partie inférieure et va à la rencontre d'eau de moins en moins chargée de sucre, jusqu'à ce qu'elle soit épuisée par l'eau pure qui pénètre à la partie supérieure.

Cet appareil donne de bons résultats et nous pouvons transcrire ici les paroles de l'auteur lui-même. « Ce nouveau moyen présente les avantages suivants : un seul appareil donne un travail de 24,000 à 25,000 kilogrammes de betteraves par jour;

il fonctionne à l'aide d'une faible puissance et n'exige que l'intervention d'un seul ouvrier, au lieu de quatorze qu'exigeaient les presses hydrostatiques; il donne 25 pour 100 de jus de plus que les presses; la pulpe et le jus traités à froid d'une manière continue n'éprouvent aucune espèce d'altération; les liquides qu'on en obtient sont à peine colorés, se traitent beaucoup mieux que les jus ordinaires, et donnent, du premier jet, de très-beaux sucres qui n'ont pas même la saveur de la betterave. »

Nous croyons aussi que le lévigateur, conforme aux principes les plus rationnels, doit épuiser la pulpe de tout le *sucre libre* et que cet appareil mériterait d'être conservé dans la pratique.

Déplacement du liquide sucré, par MM. Huard et Fonju. — De la pulpe tassée légèrement dans une cuve de forme quelconque, munie d'une claie qui lui sert de faux fond, reçoit de l'eau fraîche qui traverse la matière, et sort avec une densité décroissante...; les liquides les plus denses sont envoyés à la défécation et les solutions plus faibles repassent sur de nouvelle pulpe, jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment chargés.

Ce procédé est incomplet; il agit sous la pression ordinaire de l'air et n'a pas assez de puissance pour en compenser la lenteur; il n'a pas été sanctionné par la fabrication.

Filtres-presses. — On lit dans l'excellente brochure de M. Baudrimont: « Il est à peu près bien établi que la betterave râpée en pulpe fine peut abandonner facilement les principes solubles à l'eau à la température ordinaire. Il y a neuf ans que j'ai tenté de soumettre la pulpe à l'action de l'eau sous l'influence d'une certaine pression, afin de l'épuiser plus facilement. Pour cela, j'ai fait usage de *filtres-presses* analogues à ceux du comte Réal. Cet appareil réunissant ensemble la lévigation, la filtration et la pression, il est bien évident qu'il permettrait de pratiquer la macération de la manière la plus avantageuse.

« Les expériences ont été tentées sous des pressions très-variables. La pulpe étant soumise à la pression d'une faible colonne d'eau, dans un vase cylindrique de $0^m,12$ de diamètre, l'écoulement du liquide avait lieu fort lentement, on obtenait

d'abord les deux tiers environ du suc non mélangé d'eau. Le reste du suc diminuait graduellement de densité et ne cessait d'être sucré que lorsqu'il était mêlé à quatre fois autant d'eau. C'est-à-dire que, pour épuiser la betterave en une seule opération, il faut que le suc soit mêlé avec un volume d'eau égal au sien. L'opération durait quelquefois douze heures. Sous une pression de 6 mètres d'eau, dans le même filtre, la pulpe était épuisée en une demi-heure et n'employait qu'un volume d'eau égal à la moitié du sien. Ce résultat donnait lieu d'espérer qu'à l'aide d'une pression plus considérable, il serait possible d'obtenir un résultat plus avantageux. Pour cela, je fis construire un appareil muni d'une pompe foulante, à l'aide duquel je pouvais obtenir facilement une pression de quinze à vingt atmosphères.

« La pulpe de betterave, dans un appareil ainsi disposé, donna environ les trois quarts du suc qu'elle renfermait, sans qu'il fût mélangé avec de l'eau. Le dernier quart coula mêlé avec une quantité d'eau qui lui était égale, c'est-à-dire que, pour épuiser une certaine quantité de pulpe de betterave, il n'a fallu employer qu'un volume d'eau qui était égal au quart de volume du suc qu'elle devait contenir. L'épuisement fut complet, puisque la pulpe ainsi épuisée fut conservée en contact avec de l'eau, à une température de + 15° à + 16°, sans présenter la moindre apparence de fermentation, ce qui n'aurait pas manqué d'avoir lieu s'il y était resté la moindre partie de sucre.

« Dans ces expériences on remarqua un fait curieux et particulier à la betterave : à mesure que la pulpe s'épuisait de suc, par son mélange avec de l'eau, sa saveur sucrée diminuait graduellement et devenait nulle ; mais alors elle prenait une saveur poivrée qui allait en augmentant jusqu'au point de devenir fort désagréable. Ce fait pourrait s'expliquer par la différence qui existerait entre la solubilité du sucre et celle de la matière âcre, en admettant toutefois que la saveur particulière de la matière âcre était d'abord en partie masquée par la saveur sucrée.

« De nouvelles expériences sous une pression beaucoup plus forte furent alors tentées chez M. Martin, en injectant l'eau dans l'appareil avec la pompe foulante d'une presse hydraulique mue par une machine à vapeur. La pression fut si grande et

opéra si rapidement, que l'eau fit l'office d'un simple piston qui comprima la pulpe et lui fit perdre le suc qu'elle renfermait, comme aurait pu le faire une simple pression. La pulpe de la partie inférieure était épuisée avant que l'eau pût la joindre; elle s'aggloméra et opposa bientôt une barrière invincible à l'écoulement.

« On peut conclure des expériences qui précèdent, que, dans l'action du *filtre-presse*, il ne peut pas y avoir déplacement parfait d'un liquide par un autre, sans mélange; qu'il faut d'autant moins de temps et d'autant moins d'eau pour l'épuisement d'une substance, que l'on emploie une pression plus considérable; qu'il existe cependant une limite à l'action de ces sortes d'instruments, et que cette limite est déterminée par l'écoulement trop rapide du suc, qui ne permet pas son remplacement par un autre liquide, à cause de la capillarité qui s'y oppose. »

Les principes évoqués par M. Baudrimont ont été plus ou moins heureusement appliqués à la construction de deux autres appareils dont l'un procède par la pression d'une colonne d'air et l'autre par l'action aspirante du vide à la partie inférieure.

Procédé hydro-pneumatique de M. Moreau-Darluc. — Nous extrayons ce qui suit du *Bulletin du cercle de la Presse scientifique* (15 septembre 1858) :

L'appareil de M. Moreau-Darluc, « aussi simple que commode, consiste dans un filtre de forme à peu près semblable à celle des filtres à café généralement employés dans les ménages, mais muni de deux tubes placés : l'un dans la partie inférieure, destiné à l'écoulement du suc; l'autre, dans la partie supérieure, au moyen duquel l'air qui vient faire pression est introduit dans le filtre.

Pour procéder à l'extraction des sucs, il suffit d'introduire dans le filtre le végétal à traiter, préalablement réduit à l'état de pâte ou de râpure ténue, sur laquelle on verse ensuite de l'eau en quantité suffisante pour opérer la dissolution; puis on ferme hermétiquement le filtre et l'on introduit l'air par le tube supérieur, au moyen d'un soufflet ou d'une pompe. La pression produite par cet air ainsi comprimé force l'eau à chercher une issue par le tube inférieur après avoir traversé la

pulpe de la plante, et cette eau chasse ou emporte avec elle *absolument tout le jus* ou la matière soluble que la plante contenait.

Une expérience faite sous les yeux du Cercle sur du sorgho vieux de deux années, et par conséquent moins accessible à l'action dissolvante, a produit un résultat concluant.

Comparé au filtre de M. Réal, le meilleur de tous ceux connus jusqu'à ce jour, et dans lequel la pression se fait au moyen d'une colonne d'eau qui le rend peu portatif, celui de M. Moreau-Darluc paraît infiniment *supérieur*, *plus commode* et *moins coûteux*.

« Suivant nous, l'un des principaux avantages de cet appareil gît dans l'emploi de l'eau *froide* [1], qui ne dissout que fort peu des principes étrangers au sucre; ce résultat permet une défécation plus facile, plus nette, et donne un *vesou* moins altérable, en raison même de l'absence presque totale des agents d'altération. Si l'on traite la canne à sucre, le sorgho, par le procédé de M. Moreau-Darluc, on n'obtient que de l'eau fortement sucrée, presque pure, que l'on peut amener facilement à saturation, et qu'il ne reste plus qu'à concentrer convenablement pour retirer le sucre cristallisé.

« Si cet appareil réussissait avec la betterave, la carotte, etc., les opérations de la sucrerie deviendraient incomparablement plus aisées, par la privation presque absolue de ces matières *vomies* par les presses ou les laminoirs, telles que les détritus féculents ou ligneux, les substances résineuses, etc.

« Ajoutons que le produit général se trouverait dès aussitôt considérablement augmenté, puisqu'un tel procédé permettrait d'enlever la *presque totalité* de la matière sucrée renfermée dans les tissus saccharifères, ce que l'on n'a pu encore obtenir par aucune autre méthode.

« La rapidité des opérations est telle qu'elles n'exigent que quelques minutes (une à cinq minutes en moyenne), et pour édifier plus complétement nos lecteurs, nous transcrivons ici quelques expériences faites le 11 septembre 1854 et qui nous paraissent du plus haut intérêt.

« Les matières premières employées étaient des cannes à sucre

1. C'est aussi le fond de la pensée de M. Baudrimont dans le passage cité plus haut. Il y a fort à dire sur cette opération et l'on ne semble pas tenir assez compte des matières solubles à froid...

complétement *acides*, *piquées des vers*, extraites des fûts de sucre envoyés en France, recueillies parmi les ordures d'une cour de raffinerie, et exposées depuis plusieurs jours au soleil et à la pluie.

« On ne pouvait certes se placer dans de plus mauvaises conditions, et le succès sur de semblables matières devait ne plus avoir besoin de commentaires. L'appareil employé avait 0^m,88 de hauteur sur 0^m,40 de diamètre.

« *Première expérience.* — On place dans l'appareil 17^k,50 de ces cannes sèches et 80 litres d'eau froide.

Densité	à la sortie du premier jus *à froid*	10° Baumé.
—	immédiatement après	7°
—	pour la première minute	6°
—	pour la deuxième minute	5°
—	pour la troisième minute	4°
—	pour la quatrième minute	3°
—	pour la cinquième minute	2°,5
—	pour la sixième minute	2°

« La *densité moyenne* du jus fourni par les 80 litres d'eau a été de 6° Baumé, ce qui est la *densité réelle* des *vesous frais* aux colonies, *après la défécation*.

« *Deuxième expérience.* — On remet 40 litres d'eau sur le marc de l'opération précédente ; le déplacement est obtenu en trois quarts de minute :

Densité	pour le premier quart de minute	2° Baumé.
—	pour le troisième quart de minute	0°

Saveur nulle, le produit n'est que de l'*eau*.

« *Troisième expérience.* — On remet 32 litres d'eau froide sur le marc.

Premier produit, de l'eau à 0° Baumé.
Deuxième produit, de l'eau chargée de *matières colorantes*.

« *Quatrième expérience.* — Enlèvement du marc épuisé et substitution de 20 kilogrammes de cannes neuves (avariées comme les précédentes). On introduit les 80 litres de jus à 6° Baumé provenant de la première expérience.

Densité	à 1^{h}58'	12° Baumé.
—	à 1^{h}59'	11
—	à 2^{h}00'	10
—	à 2^{h}02'	10

« Extraction de tout le liquide en quatre minutes; sa densité *moyenne* est de 10° Baumé, et il s'est concentré *à froid* de 4° Baumé.

« *Cinquième expérience.*—Sur le marc, on met le jus de la 2e et de la 3e expérience.

Première minute, sortie d'un jus sucré,
Deuxième minute, sortie d'un jus sucré, fade et *jaunâtre.*
Densité, 2° Baumé.

« *Sixième expérience.* — Extraction des 20 kilogrammes de marc, et substitution de 3 kilogrammes de nouvelles cannes pour juger de la différence d'action dans le cas de plénitude de l'appareil ou lorsqu'il n'est rempli qu'au *huitième;* addition de quantité proportionnelle d'eau froide. Le résultat immédiat fut un jus sucré à 10° Baumé.

« *Septième expérience.*—On remet de l'eau sur le marc; l'extraction donne du jus à 2° Baumé de densité moyenne.

« *Récapitulation.*—On peut résumer ainsi les résultats de ces expériences intéressantes :

Cannes avariées, employées sèches	40 kilogrammes.
Eau froide extrait d'un puits...........	160 litres.
Produit en vesou....................	160 litres.
Densité moyenne.....................	8° Baumé.

« Ces faits, dont nous devons la communication à M. Moreau-Darluc, nous paraissent d'un haut intérêt, en ce qui touche la canne et le sorgho; mais les mêmes résultats se reproduiront-ils sur les pulpes? C'est à l'expérience manufacturière qu'il appartient de décider la question, et, dans le cas de l'affirmative, ce procédé serait appelé à rendre de véritables services [1]. »

Cet appareil, entièrement tombé, d'ailleurs, paraît avoir servi de modèle à l'engin de Walkhoff, dont nous parlerons plus loin, et que cet observateur applique à l'épuisement des pulpes déjà pressées...

Procédé pneumatique de M. Lagavrian. — L'auteur de ce pro-

1. Il va sans dire que nous laissons au rédacteur du *Bulletin* toute la responsabilité de ses opinions.

cédé place la pulpe sur une toile peu serrée, au fond d'un vase qui offre à sa partie inférieure une communication avec un cylindre où l'on a fait le vide. Lorsqu'on ouvre le robinet de la communication, l'air extérieur pénètre à travers la pulpe et en chasse le jus pour se rendre dans le cylindre.

Ce procédé n'est pas usité dans la pratique; on doit cependant faire observer qu'il semble susceptible d'heureuses applications dans un grand nombre de circonstances.

La méthode de Mathieu de Dombasle a été exposée (p. 110), et il a été donné une figure de l'appareil de Delimal qui a été un véritable appareil de macération.

D'autres appareils furent encore proposés, parmi lesquels nous citerons le macérateur de Hallette et Boucherie.

Macérateur continu à effet constant. —Ce macérateur (fig. 85) consistait en un grand cylindre A, dans lequel mouvait une vis d'Archimède. L'appareil était placé verticalement. Une trémie, placée en C, amenait dans un tube B les tranches de betteraves débitées par un coupe-racines, et la matière pénétrait dans le cylindre par la partie inférieure. Tous les éléments héliçoïdaux de la vis étaient percés de trous pour le passage du liquide et l'axe en était maintenu parfaitement vertical.

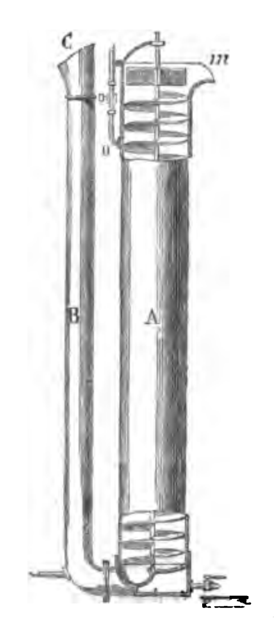
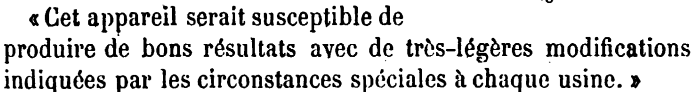


Fig. 85.

Un jet de vapeur arrivait en *l* en bas du cylindre B et, par le tube *v*, un jet d'eau chaude.

Un dégorgeoir *m* jetait la matière sur la toile sans fin d'une presse à cylindre qui enlevait l'excès d'eau que renfermait cette pulpe.

Nous ajoutions dans notre première édition :


« Cet appareil serait susceptible de produire de bons résultats avec de très-légères modifications indiquées par les circonstances spéciales à chaque usine. »

Nous indiquerons, dans le chapitre suivant, et dans l'étude

de la sucrerie agricole, les observations de construction et de pratique que nous avons eu l'occasion de faire sur cette idée.

Manipulation des jus, etc. — Dans les premiers temps de la sucrerie indigène, le traitement du jus était une manipulation de laboratoire. Une bassine un peu profonde, sphérique, servait à échauffer le liquide, à le faire écumer, à le clarifier, au besoin; on le passait à l'étamine, puis on le concentrait jusqu'au degré de cuite dans des bassines plates, sur petite épaisseur, afin de laisser le sirop moins longtemps exposé à la chaleur.

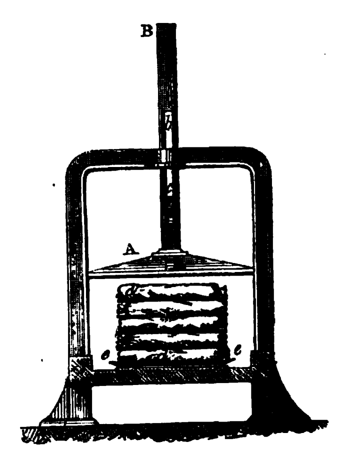


Fig. 86.

Les dépôts et les écumes étaient séparés partiellement du jus, le plus souvent à l'aide d'une presse très-simple comme celle de la figure 86 qui servait aussi à presser les pulpes, et rien, dans l'industrie naissante, ne pouvait faire présager le luxe d'outillage, la masse d'engins plus ou moins rationnels, dont se composerait bientôt le matériel d'une sucrerie. On était en quête des moyens les plus propres à assurer l'exécution du travail, mais on les voulait simples et peu dispendieux. C'est ainsi que Chaptal, dans sa sucrerie, se servait, pour l'épuisement des écumes et des dépôts, d'une presse à levier, de construction élémentaire, que nous avons représentée par la figure 80 (p. 424).

Toutes les idées, toutes les tendances de ce temps se portaient vers la production du sucre en ferme, par un outillage rustique, par des procédés accessibles aux ouvriers des exploitations agricoles. On n'avait pas encore songé à industrialiser la sucrerie et elle n'était considérée que comme un mode de transformation, sur place, par le producteur agricole, de sa propre récolte en racines sucrières...

Période de transition. — Lors de l'application de la vapeur à la sucrerie, le matériel destiné au traitement des jus se modifia rapidement. L'emploi de la presse hydraulique se généralisa. On vit apparaître des *chaudières à défécation* de toutes formes. La *chaudière Hallette*, qui est encore employée par la pratique, a été décrite dans le chapitre 11 (p. 123, fig. 17); mais on se servait plus habituellement d'une chaudière plus simple, d'un usage assez rationnel.

Cette chaudière était disposée de manière à permettre un service facile; elle contenait de 5 à 15 hectolitres, et quelquefois davantage. On y appliquait la chaleur par un double fond, à l'aide d'une circulation de vapeur. Cette vapeur était introduite par un tube, dans le faux-fond, sous une pression de 5 atmosphères, par + 153° de température. Un robinet était ouvert un instant pour faire évacuer l'air contenu dans le faux fond, et un tube portait la vapeur condensée au retour d'eau : une clef portant trois ouvertures, à des hauteurs différentes, permettait de soutirer la liqueur au fur et à mesure du dépôt des matières suspendues...

Cette chaudière est encore employée en sucrerie, et la plupart de celles qui ont été substituées à ce premier type en reproduisent toutes les parties essentielles.

Les dépôts se pressaient à la presse ordinaire. La clarification était abandonnée peu à peu et l'on substituait le passage sur le noir, dans les filtres de Dumont (fig. 21 et 22) à ce travail de purification. Le transport des liquides cessait de se faire par la pompe, à laquelle on substituait le monte-jus.

Bientôt après l'adoption de la concentration à la vapeur, pour laquelle on se servait de chaudières cylindriques à fond peu bombé et à serpentins, on vit se produire des chaudières mieux comprises, comme celle de Pecqueur (fig. 44 et 45, p. 240 et 241), qui servait à la concentration et à la cuite, ou

comme celle de Dubrunfaut, dont le serpentin est représenté par la figure 29 et dont la coupe longitudinale est représentée ci-dessous (fig. 87).

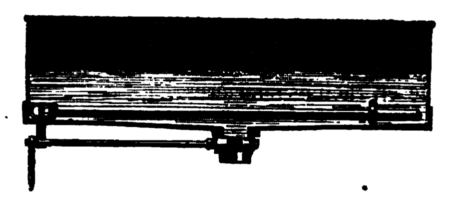


Fig. 87.

Cette chaudière était fort bonne et pouvait très-bien servir pour la concentration et la cuite. Le fond était incliné vers le centre pour que tous le sirop cuit pût facilement s'écouler par un gros robinet de vidange. Nous regardons cette chaudière comme pouvant être encore aujourd'hui d'un excellent usage.

La chaudière Moulfarine, à concentrer et à cuire, reposait sur les mêmes principes que la chaudière Dubrunfaut, et elle n'en différait que par quelques détails d'exécution. Le fond en était horizontal et non incliné comme dans la précédente. La grille offrait également quelques dispositions particulières dont la plus importante consistait en ce que les tubes ne reposaient pas sur le fond de la chaudière, mais en étaient placés à une certaine distance, de manière qu'ils fussent enveloppés par le liquide. Cette chaudière n'a jamais eu le succès des chaudières de Pecqueur ou de Dubrunfaut, malgré l'intérêt qui s'attachait à cette modification dans la disposition des tubes. L'horizontalité du fond rendait la vidange moins facile qu'avec la chaudière inclinée ou celle à bascule, et on lui préféra même les simples cylindres, à fond légèrement concaves, chauffés par un serpentin. Ces chaudières étaient recouvertes d'un dôme et d'une cheminée, et une large ouverture pratiquée dans le dôme, munie ou non d'une porte ou d'une glissière, permettait de prendre les preuves et de surveiller le travail.

L'adoption de la carbonatation pour les jus chaulés, du filtre-presse pour le traitement des dépôts, celle des appareils à effets multiples pour la concentration, celle des appareils à basse pression pour la cuite et la substitution de la turbine à

la purge par les formes séparent cette période transitoire de la fabrication plus moderne, que l'on désigne sous le nom de fabrication perfectionnée, dont nous allons décrire les procédés et les appareils. Nombre de fabriques fonctionnent encore avec cet ancien outillage; ce sont les fabriques à l'air libre, lesquelles n'ont guère modifié leur travail qu'en y adjoignant l'action de l'acide carbonique pour la saturation de leurs jus chaulés et la purge par la turbine. On doit avouer que ces établissements ne s'en trouvent pas plus mal et que leur rendement s'augmente de tout l'intérêt d'un gros capital qui n'a pas été dépensé à la légère, ainsi que d'une masse assez considérable de frais d'usure et de réparation.

Nous sommes fort loin de critiquer les installations modernes dans un sens. L'instrumentation en est magnifique; les appareils sont splendides; mais, comme les résultats ne nous paraissent guère en rapport vrai avec l'excédant de dépenses et de frais, nous ne pouvons nous empêcher de comparer et de regretter qu'on ne s'attache pas davantage à la simplification.

CHAPITRE II.

Fabrication industrielle perfectionnée du sucre de betterave.

Si l'on considère avec attention les faits de la sucrerie, on peut se rendre compte des progrès très-réels qui ont été accomplis, tout en appréciant les erreurs, les fausses données, dont cette industrie n'est pas plus exempte qu'une autre, mais qui tendent, chaque jour, à disparaître, à mesure que les progrès de la science technologique deviennent plus saillants. Dans une première période, la sucrerie n'était guère qu'un travail de laboratoire. Dans la seconde, tout en employant les mêmes procédés, l'industrie nouvelle s'applique à perfectionner ses moyens d'action et à produire par quantités. Nous la voyons ensuite adopter des méthodes définies, des engins manufacturiers, et procéder systématiquement. A partir de ce moment, cette industrie est faite et elle ne cherche plus que le perfectionnement normal auquel elle doit arriver.

Y est-elle parvenue par l'adoption des appareils modernes? Nous ne le pensons pas. Ces appareils ne sont que des moyens matériels d'aider au progrès, des auxiliaires utiles, mais leur emploi ne paraît être que secondaire. Dans une industrie de ce genre, le côté capital de la question se résume en des termes très-arrêtés : extraction complète de la matière sucrée; purification radicale du liquide saccharifère; emploi d'agents qui ne détruisent aucune portion de la matière extractible; épuisement des sirops et production du maximum en quantité et en qualité. Sans doute, les engins contribuent pour une part à l'obtention du résultat, mais tout observateur reconnaîtra que leur rôle est accessoire dans l'exécution d'un programme rationnel. Nous sollicitons le concours de bonnes machines, parce que ce concours nous est utile, mais il ne nous est pas indispensable. Nous pouvons faire de beau et bon sucre sans les machines à effet du chaudronnier en renom, mais ces machines peuvent nous faciliter le travail pratique de nos usines. Voilà la vérité dépouillée de formules.

Il est digne de remarque attentive, de la part des fabricants, que tous les spécialistes qui s'occupent de sucre sont entraînés plutôt vers l'amélioration des procédés chimiques que vers l'invention des machines; l'utilité de celles-ci, qui sont les manœuvres de la sucrerie, ne les empêche pas de voir la nécessité absolue de ceux-là, qui sont le résultat du travail intelligent et de la science. La tendance est bien nette aujourd'hui dans ce sens et, pourvu que le fabricant sache échapper aux charlatans de la chimie comme aux charlatans du rivet, il pourra reconnaître qu'un labeur très-sérieux s'est accompli dans l'étude des méthodes et dans la construction des appareils. C'est à lui de faire acte de discernement.

Ce chapitre est consacré à l'étude du travail de la *sucrerie perfectionnée*, à l'examen des pratiques contemporaines et des machines les plus utiles créées par la construction moderne. Nous espérons que les praticiens y trouveront tous les renseignements dont la connaissance peut faciliter leur tâche et les guider vers l'amélioration de leurs procédés et des produits de leur fabrication.

Pour arriver à faire cette étude d'une manière complète et impartiale, il est indispensable, à notre sens, de suivre les opérations fondamentales de la sucrerie de betterave, d'en

examiner la pratique normale, d'en apprécier les moyens d'exécution, en se basant sur les règles connues et les principes définis, et de renvoyer à un chapitre suivant l'examen des systèmes particuliers, plus ou moins acceptables, proposés par divers expérimentateurs. Telle est la marche que nous allons suivre, en nous efforçant de ne rien omettre d'essentiel, mais en rejetant toutes les idées puériles dont on a parsemé la voie, toutes les inutilités dont on a souvent chargé la technologie du sucre, au lieu de s'appliquer à l'étude des principes d'abord, des procédés ensuite et, enfin, des moyens matériels d'exécution et des résultats du travail manufacturier.

I. — APPRÉCIATION PRÉALABLE DE LA VALEUR DES RACINES.

Le fabricant ne doit jamais procéder en aveugle et, dans chacune de ses opérations, il doit *savoir ce qu'il fait*, Or, que les betteraves soient achetées au cultivateur ou que le fabricant les produise lui-même, la première question qui se présente à résoudre est celle qui est relative à la valeur réelle des racines, à leur valeur usinière, c'est-à-dire à la proportion de sucre qu'elles contiennent sur 100 kilogrammes de matière brute, à celle qu'elles renferment sur 100 parties de matières solides, et à la nature des matières étrangères qui accompagnent le sucre. C'est sur ces notions préalables que repose le travail de la fabrique et c'est par elles que l'on pourra se guider dans la direction à imprimer aux opérations. Trop peu de fabricants s'occupent sérieusement de ce point important, et cette négligence est d'autant plus regrettable qu'elle est la cause première de la plupart des mécomptes et des déceptions que l'on rencontre en pratique.

Pour connaître la valeur des racines que l'on doit traiter, hâtons-nous de dire qu'il n'existe, en dehors de l'analyse proprement dite, que des moyens d'appréciation par à peu près, auxquels il importe de n'accorder qu'une confiance très-limitée.

Caractères extérieurs. — Nous ne pouvons attribuer la moindre valeur, au moins en tant qu'on voudrait en déduire des généralisations, aux allégations relatives à la forme des betteraves.

Les uns veulent que les racines pyriformes soient plus riches, les autres n'attachent pas à cela d'autre valeur que celle qui résulte d'un travail plus commode, d'un nettoyage plus facile. Nous sommes de l'avis de ces derniers.

D'autres prétendent que les betteraves fourchues, irrégulières, renferment plus de sucre, et nous trouvons qu'il faut une foi bien robuste pour se jeter dans de telles niaiseries, sans preuves et sans vérification. On voit tant de différence dans la richesse analytique des racines, que l'on n'est guère exposé à se laisser aller à ces divagations. Nous avons constaté, sur des betteraves provenant de la même graine, repiquées dans des sols différents, des variations de 1° à 3°,2 B, et, régulières ou non, les racines ne peuvent être appréciées par le fabricant par leur forme extérieure. A richesse égale, dévoilée par d'autres moyens, on devra préférer des racines bien faites, il est vrai, mais sans attacher à ce caractère d'autre importance que celle que nous avons signalée.

En Allemagne, on rencontre beaucoup de fabricants dans l'esprit desquels on a fait entrer cette idée, que les betteraves à feuilles frisées sont plus riches en sucre que les autres... Nous avons vu, dans des betteraves d'origine russe, ce caractère correspondre à une grande richesse saccharine, ce qui est conforme à l'observation de Walkhoff. Mais, parmi ces mêmes betteraves, il y en avait beaucoup dont les feuilles étaient lisses et unies, et qui présentaient une valeur sucrière égale à celle des premières. Cette idée n'offre donc pas la constance que l'on serait en droit d'exiger d'un caractère différentiel, malgré toute l'originalité de vues qui lui sert de base. En admettant, en effet, que les cycles foliacés correspondent aux couches concentriques de la racine, on pouvait conclure, sous la réserve d'une vérification expérimentale, que les frisures pouvaient dépendre de la formation des zones sacchariféres. Cette hypothèse n'ayant rien qui répugne aux données scientifiques les mieux assises, nous pensons qu'il y aurait lieu d'en faire l'objet de quelques recherches suivies.

Une observation plus nette a démontré que les racines dont le collet croît hors de terre, ne contiennent que peu de sucre dans la partie verte de ce collet et que les sucs en sont plus riches en sels et en autres matières étrangères. C'est même sur cette remarque que se fonde l'opinion des partisans du buttage

pour la betterave, et nous en avons constaté l'exactitude. La carotte présente la même particularité. Nous concluons de ce fait, bien constaté, que le cultivateur doit rejeter les variétés à collet vert croissant hors de terre, ou qu'il doit les soumettre à un buttage soigné. Quant au fabricant, il doit refuser la livraison des racines qui présentent ce collet vert et qui n'ont pas été buttées, ou ne les prendre que sous le bénéfice d'une réfaction convenable.

En somme, on doit choisir les betteraves de poids moyen, à peau mince, de forme régulière, ayant crû en terre ou ayant été buttées, pourvu, toutefois, que leur teneur en sucre soit dans de bonnes limites. Suivant nous, la meilleure mesure à prendre contre les négligences culturales consisterait à refuser les racines dont le jus ne présenterait pas un minimum de densité et à n'asseoir le prix que sur cette même densité.

Caractères essentiels. — Les caractères essentiels qui donnent une appréciation vraie de la valeur des betteraves sont : 1° la *densité du jus;* 2° la *richesse absolue* en sucre; 3° la *richesse relative* par rapport aux autres matières solides; 4° la *proportion* et la *nature des matières minérales;* 5° la *proportion des principes azotés.*

Densité des jus. — En prenant quelques échantillons moyens, en les râpant et en pressant la pulpe, on prend facilement la densité du jus normal. Cette donnée n'est pas suffisante cependant, ainsi que nous l'avons fait observer (t. I, p. 123), et elle ne pourrait être prise pour base qu'après une défécation complète dans laquelle on éliminerait toutes les matières différentes du sucre. On ne peut donc regarder la densité que comme une donnée approximative, puisque les sels et les matières solubles étrangères au sucre interviennent parmi les éléments de cette densité, et qu'elle conduirait à une appréciation exagérée.

Richesse absolue ou relative en sucre. — Le chiffre de cette valeur importante sera donné par les procédés de la saccharimétrie chimique ou optique (t. I, ch. IV, p. 133). Il est plus simple et plus net de se servir du procédé de M. Péligot, modifié selon l'indication de la page 102 (t. I). La dessiccation de 100

grammes de betterave, faite avec les précautions convenables, donne le chiffre de l'eau et des matières solides.

Le traitement alcoolique du résidu sec de l'évaporation du liquide fournit, d'une manière exacte, le quantum du sucre, et il suffit d'un simple calcul pour en déduire la proportion relative comparée à la somme des matières solides.

En admettant, par exemple, que 100 grammes de racines se sont réduits à 19 grammes par la dessiccation, on en conclut que la betterave renferme 81 d'eau et 19 de matières solides sur 100 parties. Les 19 grammes de matière solide, pulvérisés, traités par l'alcool, donnent un résidu insoluble de 6,5. Le liquide alcoolique évaporé à sec donne un résidu de 12gr,5. Ce résidu, traité par l'alcool absolu et séché ensuite, n'est plus que de 11gr,75 par exemple... On infère de ce travail que le chiffre des matières solides différentes du sucre est de 6,5 + 0,75 = 7,25, que le chiffre absolu du sucre est de 11,75 0/0 et que le chiffre relatif de ce corps, comparé à la somme des matières solides, égale 60,5 0/0.

Nous n'abuserons pas de la patience du lecteur en lui décrivant, par les détails, les procédés et les pratiques dont les écrivains allemands recommandent l'exécution, et nous nous en tenons à la marche indiquée par un de nos meilleurs chimistes français. Les procédés de Stammer, de Grouven et de quelques autres ne présentent pas, à beaucoup près, autant d'exactitude, malgré les soins qu'ils requièrent, et il convient, en sucrerie, de ne s'attacher qu'au positif.

C'est au nombre proportionnel indiquant la relation entre le sucre et les matières étrangères solubles du jus que les Allemands donnent le nom de *coefficient de pureté*. Nous regardons cette donnée comme importante; mais, cependant, nous n'y attachons pas autant d'intérêt que les spécialistes allemands. Il nous semble qu'il est préférable de connaître la proportion et la nature des matières utiles ou nuisibles avec lesquelles on aura à compter et que le raisonnement *en bloc* présente quelque chose de fallacieux et d'erroné.

Dans ce que nous venons de faire hypothétiquement, nous avons appris, *d'une manière certaine*, combien la betterave renferme d'eau, de sucre et de matières diverses. C'est tout ce qu'il nous faut pour le moment, et nous ne voyons pas ce que nous aurions à gagner à faire grand bruit des substances qui

disparaîtront dans le traitement, comme, par exemple, les matières azotées, qui se trouvent comptées parmi les matières étrangères.

Il convient de ne pas confondre le rapport saccharimétrique réel, la relation du sucre et des matières différentes de ce principe, le chiffre 60,5 de notre hypothèse, avec le coefficient de pureté dont nous parlons. Les Allemands ne se préoccupent pas du côté vrai, mais bien du côté factice de la situation. Un jus étant donné, le polarimètre accuse *tant* de sucre, la dessiccation *tant* de matières solides. Une proportion dans le rapport 100 : x leur donne le *coefficient de pureté quant au jus*. Cela est exact au moment où l'on opère; cela sera faux après la purification, et c'est seulement alors que ce chiffre aurait de la valeur, puisqu'il indiquerait le quotient des matières étrangères restant avec le sucre et, partant, l'influence de ces matières sur la cristallisation.

Ici, comme en beaucoup d'autres circonstances, les enthousiastes français nous paraissent s'être payés de mots mal compris.

Dans l'idée allemande, nous comprenons que Walkhoff ait raison de réclamer un coefficient de pureté des jus de 70 0/0 au minimum et de l'indiquer comme variant de 90 à 60 et même moins.

Pour les fabricants intelligents qui voudraient obtenir ce coefficient et raisonner sur cette base, le procédé pratique à suivre est fort simple. On pèse 200 grammes de betterave. On en prend la moitié que l'on traite par le procédé analytique de M. Péligot et l'on obtient les chiffres absolus dont nous avons fait mention.

L'autre moitié est triturée avec soin; la pulpe est pressée, triturée de nouveau, lavée et pressée; les liquides sont réunis. On les filtre et l'on dessèche sur l'eau bouillante.

Le résidu pesé, repris par l'alcool absolu, puis par l'alcool à 90, abandonne le sucre. Le reste, desséché à + 100°, donne le chiffre des matières étrangères au sucre qui se trouvent dans le jus de 100 parties de betterave. On en déduit le coefficient de pureté du jus. On peut encore opérer par la polarimétrie et agir sur 100 parties de jus courant, obtenu par le travail habituel, de manière à obtenir des chiffres qui se rapportent aux liquides traités en pratique.

Proportion et nature des matières minérales. — En saine pratique, lorsque l'on ne veut pas s'égarer à la recherche de choses de peu de valeur, il suffit que l'on connaisse la proportion des alcalis et du chlore. Le chiffre total des matières minérales s'obtient par l'incinération simple (t. I, p. 228). On trouve les chiffres des alcalis et du chlore par les deux procédés indiqués dans le premier volume de cet ouvrage, avec assez de détails pour que nous n'ayons pas à nous y arrêter (p. 236).

Ces deux déterminations sont très-importantes, puisqu'elles limitent exactement le chiffre des pertes en mélasse par le chlore, et celui des agents de transformation qu'il conviendra d'employer pour arrêter l'action des alcalis.

En dehors du procédé indiqué (t. I, p. 236), on peut encore apprécier la quantité des alcalis par une méthode plus pratique et plus simple. Partant de ce fait que, dans la pratique, on emploie la chaux et que la mise en liberté des alcalis n'a lieu que sous l'action de la chaux, on prend le jus obtenu de 100 grammes de betteraves, ou 100 grammes de jus normal, selon la base que l'on désire prendre dans la recherche. On chaule ce jus par un lait de chaux pure en excès, on filtre, on lave le filtre, on réunit les liqueurs et on les soumet à un courant d'acide carbonique jusqu'à refus. On filtre de nouveau et on lave le filtre. Le liquide est alors additionné d'acide sulfurique et porté à l'ébullition pendant 7 à 8 minutes.

Les alcalis sont transformés en sulfates. On verse dans la liqueur concentrée de l'alcool à 90°, jusqu'à cessation de précipité, et le dépôt recueilli sur un filtre est lavé à l'alcool, puis séché et pesé. Il donne le poids des sulfates alcalins.

Pour obtenir plus de précision, on peut décomposer la dissolution aqueuse de ce dépôt par la dissolution de baryte, peser le sulfate de baryte formé et en déduire le poids de l'acide sulfurique et celui de la chaux correspondante. Le liquide concentré, repris par l'alcool, fournit une dissolution pure de potasse et de soude, que l'on fait évaporer et dont on prend le poids. On obtient facilement la proportion de potasse et de soude en dissolvant le tout dans l'eau distillée et en précipitant la potasse par un réactif connu, tel que le bichlorure de platine (t. I, p. 237). On détermine la proportion de la soude par simple différence.

On admet que l'unité de potasse anhydre s'oppose à la cris-

tallisation de 3,62 à 7,24 de sucre, ce qui tient à ce qu'il peut se former un équivalent de monosucrate potassique et que ce sel peut engager autant de sucre qu'il en renferme. De même, la soude anhydre peut immobiliser de 5,51 à 11,02 de sucre par unité, à moins que l'on n'ait recours à la transformation de ces alcalis. Il est donc absolument indispensable de connaître la proportion de ces oxydes qui entre dans les betteraves dans un état tel que le chaulage puisse les mettre en liberté. Ces données se rapportent à celles qui ont été exposées précédemment (t. II, p. 36), sur l'influence des alcalis par rapport au sucre.

Le dosage du chlore est tout aussi important, puisque nous avons vu (t. I, p. 235) que 1 de chlore entraîne 9,65 de sucre.

Proportion des matières azotées. — Le procédé le plus certain pour l'évaluation des matières azotées est celui qui résulte de l'application de la méthode ammonimétrique (t. I, p. 223 et suiv.). Nous estimons également le procédé par le tannin, quoiqu'il ne soit pas d'une exactitude aussi rigoureuse.

Résumé. — Après avoir tenu note des qualités extérieures des racines et avoir déterminé une première appréciation sur cette base, il convient de rechercher les données fondamentales sur lesquelles reposera le travail en fabrique. On obtiendra, par une application intelligente de la méthode Péligot, la proportion de l'eau, des matières solides, du sucre et des substances différentes du sucre, dont on déduira le coefficient de pureté par rapport aux racines elles-mêmes. L'application de la même méthode sur le jus, fournira le coefficient de pureté quant au jus, ou le *coefficient allemand.*

La proportion des matières minérales sera fournie par l'incinération, mais on cherchera, de préférence, à connaître le chiffre du chlore par l'azotate d'argent, et celui des alcalis par le traitement sulfurique, et par la précipitation à l'aide de l'alcool. La proportion de la matière azotée sera fournie par la réaction de la méthode ammonimétrique ou par celle du tannin...

Ces éléments suffisent à une bonne appréciation de la valeur des betteraves, mais ils sont indispensables.

Observations. — En général, les betteraves contiennent de

1,2 à 2,5 de matières insolubles, de 3,5 à 4,2 de matières solubles différentes du sucre et de 8 à 17 de sucre.

On a trouvé que les cendres du jus contiennent de 0,6 à 0,8 de matières solubles, qui renferment de 0,06 à 0,08 d'alcalis. Le chiffre des cendres du jus varie de 2,5 à 11 ou 12 0/0. Au-dessus de 9 0/0 de cendres, les jus deviennent difficiles à traiter par les méthodes ordinaires.

La matière azotée varie considérablement selon les conditions climatériques et les circonstances culturales. Nous avons trouvé depuis 0,4 jusqu'à 2,7 0/0 de ces substances dans des jus normaux.

Plusieurs écrivains se sont préoccupés d'établir des chiffres théoriques relativement aux différences produites dans la densité par la présence des sels et des matières solubles étrangères au sucre. Nous ne les suivrons pas dans cet errement, par la très-simple raison que les nombres les plus habilement calculés n'ont aucune valeur en généralisation, et qu'ils ne peuvent absolument servir que pour le cas spécial qui les a fournis.

Il nous semble préférable de donner un exemple de l'appréciation rationnelle que l'on peut déduire de recherches préalables bien faites et de ne pas nous livrer à un travail aussi fastidieux qu'inutile pour le lecteur.

Soient donc données les conditions suivantes.

En suivant la méthode indiquée plus haut, nous avons trouvé dans les betteraves en traitement :

Eau	80,3
Sucre	14,5
Matières étrangères au sucre	4,2
	100,0

Le jus de ces betteraves renferme, à l'état normal, et par hypothèse :

Eau	82,30
Sucre	14,67
Sels	2,43
Matières azotées	0,60
	100,00

D'après ce qui a été déjà dit, les sels renferment 1/10, soit 0,243 d'alcalis, et nous supposerons que le chlore existe dans ce jus sous le rapport de 0,052.

Les règles tracées dans l'exposé des principes généraux relatifs à la purification du jus ont fait voir que l'on peut se débarrasser, par une méthode convenable de traitement, de la presque totalité de la matière azotée et des principes minéraux différents des alcalis. On sait que l'on ne peut séparer ceux-ci ni le chlore, mais que l'on peut transformer les alcalis en composés inoffensifs. On pourrait donc dire que, dans 100 parties de ce jus, il arrivera un moment où les 14,67 de sucre seront seulement en présence de :

Alcalis....................	0,243	= 0,6788
Chlore....................	0,052	
Acide phosphorique..........	0,3638	

En sorte que le coefficient de pureté de ce jus, après une série convenable d'opérations, serait, en réalité, conforme à la relation :

$$14,67 : (14,67 \times 0,6788) :: x : 100 = 95,5$$

et il y aurait de quoi établir, à la façon allemande, tout un monde de suppositions. Il nous semble plus utile de suivre la question pied à pied, puisque, ne redoutant plus l'influence des alcalis transformés en phosphates, on n'aura pas à craindre une grande déperdition de sucre de ce côté. En effet, en admettant que 1 de sels inoffensifs empêche la cristallisation de 1 de sucre,, on pourra établir la situation ainsi qu'il suit :

Potasse..............	0,2385	= phosphate alcalin, 0,6023
Acide phosphorique.....	0,3638	
Chlorure de sodium.....	0,0565	0,0565

Le phosphate faisant engager son poids de sucre, on aura 14,67 — 0,6023 = 14,0677 de sucre, dont il faudra déduire la portion entraînée par le chlorure, qui est de

$$0,052 \times 9,65 = 0,5018.$$

On aura, en fin de compte 14,0677 — 0,5018 = 13,5659, et le sucre engagé ou perdu, sur 100 parties pondérales, par le fait des matières minérales, sera dans la proportion de :

$$14,67 : 1,1040 :: 100 : x = 7,52.$$

Ces 7,52 de sucre répondent à 15,04 de mélasse à 50 0/0 sur 100 parties de sucre contenu dans le jus, ou à 2,2082 pour 100 de jus normal, dans les conditions de l'exemple donné.

Or, ici, le calcul est basé sur des réactions connues et, sauf ce point, que nous ne préjugeons pas les altérations dues à l'action de la chaleur de l'eau, à la négligence, etc., on peut se baser avec certitude sur une appréciation de ce genre. On sent, au contraire, qu'il serait absolument illusoire de songer à établir un calcul hypothétique sur le sucre engagé ou la mélasse produite par des sels dont on n'a pas déterminé la nature, puisque ces sels peuvent être, ou entièrement précipitables, ou presque entièrement formés d'alcalis, et que le chlore peut exister en proportion plus considérable que nous ne l'avons supposé.

Cet exemple fait voir aussi toute l'utilité de la transformation des alcalis par le phosphatage. En effet, dans le traitement ordinaire, et en admettant que les opérations auront éliminé le tiers des alcalis et les deux tiers de la matière azotée, ce qui est encore à démontrer, on aura, en présence de 14,67 de sucre :

Potasse........................	0,16234
Chlorure de sodium.............	0,0565
Matière azotée.................	0,20

Or, la potasse faisant perdre en moyenne 5,43 de sucre pour 1, le chlore en engageant 9,65 et la matière azotée 1, on trouve que la perte en sucre, indépendamment des autres causes, se compose des éléments suivants :

Par la potasse........	0,16234	×	5,43	=	0,8815
Par le chlorure.......	0,052	×	9,65	=	0,5018
Par la matière azotée..	0,20	×	1	=	0,20
					1,5828

Cette quantité de sucre engagé revient à 10,78 pour 100 du sucre du jus, c'est-à-dire à 21,36 de mélasse à 50 0/0 au lieu de 15,04 et 3,1646 pour 100 de jus.

Il est clair, d'après cette comparaison, que le mode de traitement agit aussi bien que la nature même des sels sur la production de la mélasse, et qu'il est absolument impossible de baser des calculs d'appréciation sur des généralités.

Nous appelons donc toute l'attention des fabricants sur ce point et nous les engageons vivement à n'accorder qu'une confiance très-limitée aux chiffres tout faits, qui ne prouvent absolument rien dans le traitement de la betterave, à raison des différences fréquentes que l'on observe dans la composition de

cette plante, surtout en ce qui touche la proportion et la nature des sels. C'est à l'analyse qu'il faut recourir, si l'on veut obtenir les bases d'une appréciation à peu près juste, et il convient de ne s'arrêter aux trop fameux coefficients germaniques que par un simple motif de curiosité.

Il est certain que la densité observée dans les jus ne s'applique pas en entier au sucre, puisque ces liquides contiennent, outre le sucre, des sels et d'autres matières solubles. Il y aurait donc lieu de la réduire. Pour cela, il est non moins évident qu'il faut retrancher de la densité totale celle qui provient du sucre et qu'il faut, avant tout, établir la proportion de cette substance. La différence représente la densité attribuable aux matières étrangères, mais le nombre de degrés trouvé ne représente pas autant de centièmes de ces matières étrangères et il faut encore un coefficient. Ce coefficient doit-il être en réduction ou en augmentation? La question paraît difficilement soluble pour tout observateur attentif. Il y a des matières étrangères dont l'unité sur 100 donne une densité égale à celle du sucre ou une densité supérieure à l'unité. Sur quelles raisons s'appuiera-t-on pour trancher la difficulté si l'on n'a pas étudié, analytiquement, la nature et la proportion des substances dont il s'agit? Pour nous, il nous semble que l'analyse étant la base essentielle de ces sortes d'appréciations, et satisfaisant, *seule*, à tous les *desiderata*, il n'est pas nécessaire de la compliquer d'une chose inutile.

Passons cependant et voyons ce qui se dit outre-Rhin. On décide qu'il y a lieu à faire une réduction, et que le nombre des degrés de la différence entre la densité totale et la densité sucre doit être diminué dans une certaine relation pour que l'on obtienne le *quantum* 0/0 des matières étrangères.

Walkhoff propose de faire cette réduction dans le rapport de un cinquième (1,25/1), ce qui est également la proportion indiquée par Otto. Tout en conseillant ce coefficient comme donnant le poids des matières étrangères, le premier de ces auteurs ne se dissimule pas que ce chiffre peut être très-variable, et que cette variation est encore plus grande entre la proportion des sels et des matières azotées.

Pourquoi donc établir comme base d'appréciation des chiffres sur lesquels on avoue ne pas pouvoir compter en règle générale? Il est juste de reconnaître que le bon sens de

Walkhoff l'a conduit à placer la valeur de ce coefficient sous l'influence des circonstances, ce qui revient à dire que l'on doit le déterminer dans chaque cas particulier. Il semble alors préférable de se borner à pratiquer la vérification technique par analyse, sans vouloir faire de généralisation illusoire.

Quoi qu'il en soit, partant de cette donnée que un degré de l'aréomètre de Balling pour les sucres, usité en Allemagne, correspond à une densité de 0,004, ce qui est la densité d'une dissolution sucrée à 1 0/0, on peut établir, d'après les différentes données de Walkhoff, une table d'indications, relative à la proportion des matières étrangères du jus et de la masse cuite, à celle du sucre engagé et à celle de la mélasse à produire.

DIFFÉRENCE aérométrique due aux matières étrangères.	DEGRÉS Baumé correspondants.	MATIÈRES ÉTRANGÈRES °/₀.		SUCRE engagé.	MÉLASSE produite.
		Dans le jus.	Dans la masse cuite.		
0,006	0°,861	1,013	0,608	0,536 0/0	1,1 0/0
0,008	1,086	1,350	0,810	0,820	1,7
0,010	1,429	1,689	1,014	1,105	2,2
0,012	1,711	2,027	1,216	1,389	2,8
0,014	1,993	2,265	1,419	1,672	3,4
0,016	2,263	2,703	1,621	1,955	4,0
0,018	2,552	3,048	1,820	2,246	4,6

Il n'a rien été changé à ce tableau, et nous nous sommes contenté de transformer l'indication des degrés de Balling en degrés du densimètre (millièmes) et d'y joindre la valeur correspondante en degrés de Baumé. Il convient encore de faire observer que Walkhoff suppose une richesse saccharine égale, une extraction de jus de 88 0/0, et que la différence ne porte que sur les matières étrangères au sucre.

A la suite de ces données, l'écrivain allemand établit une série de tables relatives au rendement de 100 parties de betteraves, de qualités différentes, quant aux matières étrangères, et nous en reproduisons ce qui peut intéresser nos lecteurs sous la réserve générale faite précédemment à propos du coefficient de réduction et de l'incertitude constatée sur la proportion et la nature des corps étrangers.

RENDEMENT DE 100 PARTIES DE BETTERAVES DE QUALITÉS DIFFÉRENTES, POUR 80 0/0 EN JUS.

Table A. Jus à 9 0/0 de sucre. Produit en masse cuite.

Numéros.	DENSITÉ.	DEGRÉS de Baumé.	DIFFÉRENCE de densité due aux matières etrangères.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE CUITE. Total.	MASSE CUITE. Composition.	
1.	1,042	5,8	0,006	85,7	7,436	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	0,553
						Eau......	0,703
2.	1,044	6,1	0,008	81,1	7,938	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	0,737
						Eau......	0,721
3.	1,046	6,35	0,010	78,2	8,142	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	0,922
						Eau......	0,740
4.	1,048	6,6	0,012	75,0	8,344	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	1,106
						Eau......	0,758
5.	1,050	6,9	0,014	72,0	8,547	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	1,290
						Eau......	0,777
6.	1,052	7,2	0,016	69,6	8,799	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	1,424
						Eau......	0,795
7.	1,054	7,5	0,018	66,6	8,957	Sucre.....	6,48
						Matière étr.	1,663
						Eau......	0,814

Table AA. Jus à 9 0/0 de sucre. Produit en sucre brut et mélasse.

Numéros.	DENSITÉ.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE cuite.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de racines.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de masse cuite	MÉLASSE pour 100 de racines.
1.	1,042	85,7	7,436	6,18	80,0	1,0
2.	1,044	81,1	7,938	5,81	73,0	1,5
3.	1,046	78,2	8,142	5,64	70,0	2,0
4.	1,048	75,0	8,344	5,37	64,0	2,5
5.	1,050	72,0	8,547	5,13	60,0	3,0
6.	1,052	69,6	8,799	4,89	56,5	3,6
7.	1,054	66,6	8,957	4,55	50,0	4,2

La densité due au sucre seul, dans les conditions de ces tables serait de 1,036, c'est-à-dire de 9 degrés de Balling ou de 5°,2 de Baumé.

RENDEMENT DE 100 PARTIES DE BETTERAVES DE QUALITÉS DIFFÉRENTES, POUR 80 0/0 EN JUS.

Table B. Jus à 10 0/0 de sucre. Produit en masse cuite.

Numéros.	DENSITÉ.	DEGRÉS de Baumé.	DIFFÉRENCE de densité due aux matières étrangères.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE CUITE. Total.	MASSE CUITE. Composition.
1.	1,046	6,4	0,006	87,0	8,528	Sucre..... 7,2 Matière étr. 0,553 Eau...... 0,775
2.	1,048	6,6	0,008	83,3	8,730	Sucre..... 7,2 Matière étr. 0,737 Eau...... 0,793
3.	1,050	6,9	0,010	80,0	8,934	Sucre..... 7,2 Matière étr. 0,922 Eau...... 0,812
4.	1,052	7,2	0,012	77,0	9,202	Sucre..... 7,2 Matière étr. 1,166 Eau...... 0,836
5.	1,054	7,45	0,014	73,3	9,339	Sucre..... 7,2 Matière étr. 1,290 Eau...... 0,849
6.	1,056	7,7	0,016	71,4	9,500	Sucre..... 7,2 Matière étr. 1,474 Eau...... 0,867
7.	1,058	8,0	0,018	70,0	9,74	Sucre..... 7,2 Matière étr. 1,663 Eau...... 0,886

Table BB. Jus à 10 0/0 de sucre. Produit en sucre brut et mélasse.

Numéros.	DENSITÉ.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE cuite.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de racines.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de masse cuite	MÉLASSE pour 100 de racines.
1.	1,046	87,0	8,528	6,87	80,0	1,0
2.	1,048	83,3	8,730	6,60	75,6	1,53
3.	1,050	80,0	8,934	6,40	72,0	2,06
4.	1,052	77,0	9,202	6,20	66,0	2,50
5.	1,054	73,3	9,339	6,00	64,0	3,10
6.	1,056	71,4	9,500	5,60	59,8	3,60
7.	1,058	70,0	9,74	5,40	55,0	4,20

La densité due au sucre seul, dans les conditions de ces tables, serait de 1,040, c'est-à-dire de 10 degrés de Balling ou de 5°,55 de Baumé.

RENDEMENT DE 100 PARTIES DE BETTERAVES DE QUALITÉS DIFFÉRENTES, POUR 80 0/0 EN JUS.

Table C'. Jus à 11 0/0 *de sucre. Produit en masse cuite.*

Numéros.	DENSITÉ.	DEGRÉS de Baumé.	DIFFÉRENCE de densité due aux matières étrangères.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE CUITE. Total.	MASSE CUITE. Composition.
1.	1,050	6,9	0,006	88,0	9,8	Sucre..... 7,92 Matière étr. 0,553 Eau...... 0,847
2.	1,052	7,2	0,008	84,5	9,5	Sucre..... 7,92 Matière étr. 0,737 Eau...... 0,865
3.	1,054	7,45	0,010	81,5	9,7	Sucre..... 7,92 Matière étr. 0,922 Eau...... 0,884
4.	1,056	7,7	0,012	78,0	9,9	Sucre..... 7,92 Matière étr. 1,106 Eau...... 0,902
5.	1,058	8,0	0,014	76,0	10,13	Sucre..... 7,92 Matière étr. 1,290 Eau...... 0,920
6.	1,060	8,3	0,016	73,3	10,33	Sucre..... 7,92 Matière étr. 1,474 Eau...... 0,939
7.	1,062	8,5	0,018	71,6	10,53	Sucre..... 7,92 Matière étr. 1,663 Eau...... 0,958

Table CC. Jus à 11 0/0 *de sucre. Produit en sucre brut et mélasse.*

Numéros.	DENSITÉ.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE cuite.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de racines.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de masse cuite	MÉLASSE pour 100 de racines.
1.	1,050	88,0	9,8	7,66	82,3	1,0
2.	1,052	84,5	9,5	7,38	77,7	1,5
3.	1,054	81,5	9,7	7,12	74,0	2,0
4.	1,056	78,0	9,9	6,85	69,0	2,5
5.	1,058	76,0	10,13	6,58	65,0	3,0
6.	1,060	73,3	10,33	6,32	61,0	3,6
7.	1,062	71,6	10,53	6,05	57,0	4,2

La densité due au sucre seul, dans les conditions de ces tables, serait de 1,044, c'est-à-dire de 11 degrés de Balling, ou de 6°,09 de Baumé.

RENDEMENT DE 100 PARTIES DE BETTERAVES DE QUALITÉS DIFFÉRENTES, POUR 80 0/0 EN JUS.

Table D. Jus à 12 0/0 de sucre. Produit en masse cuite.

Numéros.	DENSITÉ.	DEGRÉS de Baumé.	DIFFÉRENCE de densité due aux matières étrangères.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE CUITE. Total.	MASSE CUITE. Composition.
1.	1,054	7,45	0,006	89,0	10,1	Sucre..... 8,64 Matière étr. 0,553 Eau...... 0,919
2.	1,056	7,7	0,008	85,0	10,3	Sucre..... 8,64 Matière étr. 0,737 Eau...... 0,937
3.	1,058	8,0	0,010	82,8	10,5	Sucre..... 8,64 Matière étr. 0,922 Eau...... 0,956
4.	1,060	8,3	0,012	80,0	10,7	Sucre..... 8,64 Matière étr. 1,106 Eau...... 0,974
5.	1,062	8,5	0,014	77,8	10,9	Sucre..... 8,68 Matière étr. 1,290 Eau...... 0,980
6.	1,064	8,8	0,016	75,0	11,1	Sucre..... 8,64 Matière étr. 1,474 Eau...... 1,010
7.	1,066	9,0	0,018	72,1	11,3	Sucre..... 8,64 Matière étr. 1,663 Eau...... 1,030

Table DD. Jus à 12 0/0 de sucre. Produit en sucre brut et mélasse.

Numéros.	DENSITÉ.	COEFFICIENT de pureté.	MASSE cuite.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de racines.	SUCRE ISOLÉ. pour 100 de masse cuite	MÉLASSE pour 100 de racines.
1.	1,054	89,0	10,1	8,396	83,0	1,0
2.	1,056	85,0	10,3	8,231	79,8	1,5
3.	1,058	82,8	10,5	7,86	74,8	2,0
4.	1,060	80,0	10,7	7,59	70,0	2,5
5.	1,062	77,8	10,9	7,33	67,2	3,0
6.	1,064	75,0	11,1	7,08	63,0	3,6
7.	1,066	72,1	11,3	6,78	60,0	4,2

La densité due au sucre seulement, dans les conditions de ces tables, serait de 1,048, c'est-à-dire de 12 degrés de Balling, ou de 6°,61 de Baumé.

Bien que Walkhoff regarde ses tables, dont nous supprimons la dernière, relative à la richesse sucrière de 13 0/0, comme d'une grande utilité pour guider le fabricant dans ses achats et le cultivateur dans ses travaux d'amélioration, on doit faire observer qu'il sera toujours impossible de s'appuyer sur ces données, puisque le chiffre de la différence de densité est très-variable, que le coefficient de pureté n'est pas plus fixe et que, à proportion égale de matières étrangères, le rendement sucre et mélasse peut varier, selon la nature des matières différentes du sucre et selon le traitement adopté [1]. On ne peut donc y voir autre chose qu'un renseignement approximatif.

II. — PRÉPARATION DES RACINES.

En se reportant à ce qui a été exposé précédemment (p. 72) sur la *préparation des racines sucrières*, considérée au point de vue général de la pratique, le lecteur aura sous les yeux tout ce qu'il importe de savoir sur ce sujet.

Les racines doivent être débarrassées des pierres, de la terre, des radicelles qui retiendraient des corps étrangers, des collets, des parties vertes, des portions altérées ou pourries. Toute autre recommandation deviendrait puérile, et nous admettons que la nécessité de ce nettoyage sommaire est parfaitement établie.

Qu'on nous permette, cependant, d'insister sur un point dont il a été parlé à propos des soins relatifs à la récolte. Il serait d'une haute utilité, par rapport à la conservation de la betterave, de se borner à tordre et arracher les fanes sur le champ de production et de supprimer l'enlèvement du collet à la bêche ou par tout autre procédé, pour le renvoyer au moment même du nettoyage en fabrique, Des expériences nombreuses démontrent que cette section du collet, en mettant les surfaces en contact avec l'air atmosphérique, favorise la désorganisation des tissus et l'altération de la matière saccharine, et si cette opération ne présente pas un grand inconvénient pour les racines qui doivent être traitées les premières, il n'en est pas de

1. Les tables qui précèdent n'ont pas été modifiées dans les indications relatives aux données de Walkhoff; nous avons seulement donné pour base les indications aréométriques françaises et changé la disposition typographique, en scindant les tables de l'auteur allemand. Nous avons même laissé subsister quelques erreurs de détail.

même pour celles que l'on doit conserver pendant un certain temps.

On devrait donc nettoyer les racines de la terre et des pierres, puis les laver et ensuite en retrancher le collet, dans toute la portion qui a servi de support aux feuilles.

Dans l'industrie perfectionnée, le lavage des betteraves s'opère à l'aide d'un laveur mécanique, plus ou moins semblable à celui dont on se sert en ferme et que nous avons représenté par la figure 2 (p. 75). On n'a fait à cet instrument que des modifications de détail qui consistent principalement dans l'augmentation donnée aux dimensions, dans le plus grand volume de la caisse à eau, dans l'adaptation d'une vanne de vidange inférieure plus grande et plus commode. La forme reproduite par la figure 88 est assez commode, sous le rapport du nettoyage, parce que la terre et les impuretés se réunissent dans la partie la plus déclive de la caisse et qu'on les expulse avec plus de facilité.



Fig. 88.

On donne au tambour A du laveur depuis 2 mètres jusqu'à 3^{m},50 de longueur sur un diamètre de 1^{m},30, et la règle pratique est de le faire plonger dans l'eau de la caisse sur un tiers du diamètre.

Nous dirons cependant que cette machine réclame une amélioration de haute importance.

A mesure que les betteraves sont débarrassées des radicelles et de la terre qui les salit, l'eau de la caisse se trouble, devient boueuse, et elle ne procure plus bientôt qu'un lavage très-imparfait. Il est donc nécessaire de la changer et de nettoyer la caisse pour la remplir avec de nouvelle eau. Or, ce nettoyage

que l'on doit faire au moins quatre fois par jour, toutes les six heures, constitue uue opération assez pénible, qui entraverait la marche du travail, si l'on ne prenait soin de la pratiquer aux changements d'équipes. Il semble qu'une disposition inclinée, grâce à laquelle l'eau entrerait dans l'instrument par une extrémité, près de la sortie des racines nettoyées, et sortirait à l'autre bout, auprès du point d'introduction des betteraves, en entraînant les impuretés, serait beaucoup plus commode et préférable à ce qui se fait. Cette idée, qui est loin d'être neuve, a frappé plusieurs fabricants et les a déterminés à opérer le lavage de leurs racines à l'aide d'une vis d'Archimède (fig. 67 et 68, p. 341), comme on le pratique pour le noir et comme on fait dans les féculeries pour le lavage des tubercules. On a reproché à l'emploi de la vis de ne pas produire un lavage aussi complet que le tambour, mais ce reproche ne paraît pas fondé. N'y aurait-il donc pas quelque chose de mieux à faire, en prenant pour première idée le travail du tambour de Klusemann, par exemple (fig. 69), qu'il ne semble pas difficile d'approprier à une opération de ce genre? Si l'on introduisait les racines dans une série de tambours inclinés, contenant une grande vis d'Archimède, qui amènerait les betteraves du premier dans le second, et ainsi de suite, pendant que l'eau marcherait en sens inverse, on parviendrait, sans trop de peine, à éviter le travail dont il vient d'être question ou, du moins, à en diminuer beaucoup la durée. Cet objet mérite de fixer l'attention des fabricants et des constructeurs.

Pour transporter les racines des silos à la fabrique, on se sert des moyens ordinaires et l'on emploie des chariots, des tombereaux, des charrettes, les véhicules dont on peut disposer. On opère les transports, à l'intérieur de l'usine, du hangar d'arrivée ou de dépôt jusqu'au laveur, de celui-ci à proximité de la râpe, à l'aide d'un petit chariot à trois ou quatre roues, comme celui qui sert au transport des colis dans les gares et les docks. La seule différence consiste dans l'adaptation des ridelles pour contenir les racines. On peut également se servir, avec avantage, du petit instrument représenté par la figure 89 et qui est fort usité en Allemagne.

En France, la prise en charge pour l'impôt se faisant sur le jus, à la chaudière de défécation, il n'y a nul inconvénient à faire le nettoyage en fabrique, et les betteraves lavées peuvent

être dirigées en un point, voisin de la râperie, où des ouvrières et des enfants enlèvent à la main le collet et les parties gâtées. On comprend que, si l'impôt se basait sur les quantités de racines introduites dans la fabrique, il deviendrait nécessaire de faire opérer ce nettoyage et le retranchement des parties at-



Fig. 89.

teintes au dehors, avant le pesage. Dans tous les cas, il serait avantageux de faire ce travail par un moyen plus rapide et plus économique que celui dont on se sert. Un homme, placé devant une sorte de scie circulaire disposée de façon à éviter les accidents, ferait aisément autant de besogne que cinq ou six femmes armées de couteaux, et l'enlèvement des radicelles se ferait seul à la main.

Tous les praticiens se rendent parfaitement compte de l'indispensable nécessité d'un bon nettoyage, sans lequel les jus présentent une masse énorme d'impuretés, ce qui augmente les difficultés de la purification et tend à diminuer le rendement et la qualité du produit. Tout est solidaire dans l'industrie sucrière, et c'est de l'attention avec laquelle chaque opération partielle est exécutée que dépend la perfection de l'ensemble.

Dans la plupart des fabriques françaises, les betteraves qui arrivent des silos ou qui sont apportées par les cultivateurs sont déposées dans des celliers ou sous hangars. Quelquefois même on se contente de les placer dans la cour, à peu de distance du laveur. Il est convenable, cependant, pour obvier aux chances de mauvais temps, d'avoir toujours en réserve un certain stock d'approvisionnement. Mais, comme l'observation apprend que les racines qui restent amoncelées dans des locaux où la température est un peu plus élevée que dans les silos mêmes, ne tardent pas à subir les atteintes de la fermentation,

il nous semble qu'il serait avantageux de renoncer aux cellier, de déposer les racines sous des hangars ouverts, et, encore, de n'en faire que des tas peu considérables, dans la masse desquels il pourrait se produire une aération suffisante. Nous connaissons une fabrique où l'on forme, à mesure de l'arrivée des racines, des tas allongés, réguliers, de 1^{m},50 de haut sur une largeur de 1^{m},30 à 1^{m},50. On prend toujours les racines qui sont arrivées les premières, et le hangar peut contenir aisément la provision de huit jours.

Comme l'air circule parfaitement entre les tas et dans l'intérieur, il n'y a pas d'altérations graves à redouter, d'autant plus que l'on ne s'approvisionne guère que pour deux jours lorsque le temps est beau, et qu'un approvisionnement plus considérable ne se fait que dans la prévision de gelées imminentes. Dans ce cas, l'échauffement des racines n'est pas à craindre, et l'on ne risque rien à se précautionner pour ne pas en manquer. On compte, en pratique, qu'il faut un mètre et demi en volume pour mille kilogrammes de racines; mais, comme on les place ordinairement avec peu d'attention, ce chiffre doit être augmenté d'un cinquième environ.

III. — EXTRACTION DU JUS.

L'extraction du jus des betteraves ne se produit que par deux méthodes principales : la pression et la macération. Dans ces deux circonstances, les racines sont d'abord divisées. L'extraction du jus par pression est le mode le plus fréquemment employé, malgré toutes les raisons qui militent contre cette pratique, et il en résulte que la division en pulpe fine est pratiquée presque partout. Disons, en passant, que l'application de la macération ne comporterait pas forcément la proscription des râpes, car cette opération, au contraire, serait plus facile et plus prompte, si l'on agissait sur de la matière plus ténue. Si l'idée des cossettes semble liée à celle de la macération, cela tient évidemment à ce que, l'extraction se faisant bien, quoiqu'un peu plus lentement, il est utile de simplifier l'outillage adopté. En tout cas, nous renvoyons au second plan l'extraction du jus de betterave par macération, par la seule raison que cette méthode est moins généralement adoptée, en dépit des avantages qui en résulteraient, si elle était bien pratiquée.

Division des betteraves. — Ainsi, la division des betteraves se produit par le coupe-racines ou par la râpe. Il a été parlé de ces instruments, et les notions générales, exposées précédemment (p. 78 et suiv.), nous dispensent de nous occuper des généralités qui sont bien connues du lecteur. Nous nous bornerons donc à la description de quelques instruments d'un mérite reconnu et à l'indication de leur mode d'action.

Coupe-racines. — La plupart des instruments de ce genre rappellent la machine ordinaire employée dans les fermes (fig. 3). Cependant M. Champonnois a appliqué la force centrifuge à ce mode de division des racines sucrières, et M. Robert, fabricant de sucre, à Seelowitz (Moravie), a imaginé un coupe-racines d'une forme particulière qui fait partie de l'instrumentation spéciale au système de cet inventeur. La description de ce dernier appareil sera renvoyée à l'étude de la méthode Robert, que l'on connaît sous le nom de *méthode par diffusion* et qui sera l'objet d'un examen particulier dans le chapitre suivant.



Fig. 90.

Le *coupe-racines Champonnois* est un bon instrument dont la figure 90 donne l'idée. Au lieu de la disposition ordinaire,

l'inventeur a adopté une sorte de tambour fixe dans lequel on jette les racines. On a adapté les couteaux sur la périphérie du tambour, et les betteraves, pressées par la force centrifuge et par l'action d'une palette en U, sont coupées en lanières, ou en rubans, d'une épaisseur et d'une largeur variables, selon la forme des lames. Les rubans, projetés au dehors, sont retenus par une garniture et tombent dans un récipient placé au-dessous. Cet engin peut être construit pour diviser une quantité très-considérable de racinespar heure, et sa puissance est due à la pression des racines contre les couteaux, pression qui est beaucoup plus considérable que dans le coupe-racines ordinaire.

Râpes. — En outre des râpes mentionnées plus haut et dont quelques-unes, comme la râpe de Burette et celle de Thierry, par exemple, sont encore employées, il en existe aujourd'hui un certain nombre d'autres, plus commodes et plus puissantes, parmi lesquelles les râpes de Fesca, de Klusemann, de Robert et de Champonnois méritent une mention particulière.

Les éléments de la *râpe ordinaire* sont le *corps de râpe*, les *lames* et les *poussoirs*.



Fig. 91.

Le *corps de râpe* (fig. 91) est formé d'un arbre, de deux disques et de deux poulies en fonte, et que l'on obtient d'une seule pièce. Le montage de cette pièce se comprend très-facilement. L'arbre repose sur des coussinets en bronze, qui sont supportés par un bâti en fonte. Les deux poulies reçoivent le mouvement transmis par le moteur, et cette transmission a lieu par l'intermédiaire d'un manchon inférieur. Cette disposition a pour but d'appuyer l'arbre sur le fond des coussinets, ce qui prévient les soubresauts qui auraient lieu et la rupture des écrous des coussinets. Ces accidents seraient à craindre, en effet, si la commande se faisait par le haut, la résistance étant moins grande dans ce sens que dans le sens du bâti. D'autre part, l'adoption d'une double poulie donne lieu à un effort ré-

gulier, égal sur les deux coussinets, ce qui évite les tiraillements, les secousses et l'usure irrégulière des surfaces de frottement.

La disposition des disques est très-simple. Ces disques sont creusés du côté intérieur et forment une rainure circulaire, sur laquelle on dispose les lames de scie, séparées par des tasseaux en bois, qui permettent l'écartement jugé nécessaire. Tout le système des lames est utilement maintenu par un cercle à vis de pression à chaque extrémité.

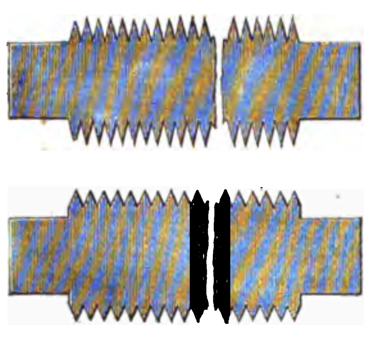


Fig. 92.

Les *lames* de râpes en fer ou en acier (fig. 92) présentent un corps et deux extrémités. Le corps de la lame porte les dents dont la hauteur s'élève au-dessus des disques du corps de râpe. Il existe des dents de chaque côté des lames, ce qui permet de changer les garnitures de côté lorsque les dents sont cassées ou usées. Les extrémités des lames sont dépourvues de dents et elles ont une hauteur égale à celle du retrait ou de la rainure des disques du corps de râpe.

Le nombre et la forme des dents d'une râpe, la pression des racines contre les dents et la rapidité du mouvement de rotation constituent, avec l'angle d'inclinaison (p. 84), les éléments du travail produit par l'instrument. Plus les dents sont nombreuses et aiguës, plus elles donnent de produit, toutes circonstances égales d'ailleurs, et elles dépensent, en outre, beaucoup moins de force. Les dents, moins aiguës et moins nombreuses, dépensent plus de force, fournissent moins de pulpe, mais elles divisent mieux les cellules et produisent une pulpe plus fine. En moyenne, on compte de 48 à 56 dents par déci-

mètre, et la hauteur des dents est de 4 millimètres. La hauteur des dents est de 4 à 5 millimètres.

Les *poussoirs* ou *rabots* mécaniques, mus par le moteur même de la râpe, ont remplacé partout le rabot mû à la main. On emploie le plus souvent deux poussoirs, dont l'un est poussé en avant pendant que l'autre est ramené en arrière, et le mouvement alternatif est déterminé par l'action de cames d'excentrique. La figure 93 fait voir une des dispositions adoptées.

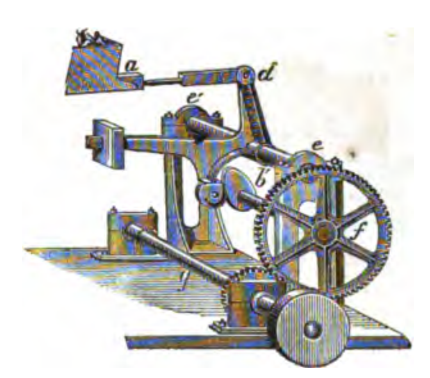


Fig. 93.

Le rabot ou poussoir *a* fait suite à une tige résistante articulée en *d* sur un bras de levier; ce levier, supporté par l'axe *ee*, exécute son mouvement de recul par l'action du disque excentrique *b*, et il produit la poussée sur les betteraves par l'action d'un contre-poids dont on peut régler l'effet suivant la pression que l'on veut exercer sur les racines.

Une condition assez importante à remplir consiste dans la possibilité d'enrayer instantanément les poussoirs, dans le cas où quelque accident vient à se produire, lorsque, par exemple, des pierres se sont engagées dans le caniveau d'alimentation.

Lorsqu'on veut monter une râpe, on commence par en établir le corps sur le bâti, à loger l'arbre sur les coussinets et à fixer les boulons de ces pièces.

On place ensuite, sur les disques, un petit tasseau en bois de la hauteur de l'extrémité des lames et d'une épaisseur correspondante à l'écartement qu'on veut mettre entre les lames. Cet écartement peut varier entre 1 et 3 millimètres, ou même davantage. On place alors une lame de champ, en l'appuyant

contre le tasseau de chaque bout; on l'ajuste dans les rainures des disques. On dispose un autre tasseau de même épaisseur à chaque extrémité, puis une seconde lame, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ait formé toute la périphérie du tambour avec des lames séparées par des tasseaux. L'extrémité est solidement maintenue par une frette, et l'on recouvre le tout d'un mantelet en tôle, destiné à s'opposer à la projection de la pulpe. Les organes accessoires sont placés; la trémie est fixée ainsi que son caniveau et les poussoirs. Le tout est réuni à l'appareil moteur, et la machine est prête à marcher.

On comprend que les lames en acier déchirent mieux les tissus et s'usent moins vite que les lames en fer; mais celles-ci ne se cassent pas si facilement par le contact des pierres et des corps durs étrangers. Comme elles ne font que se courber sous l'influence des accidents de ce genre, on peut les réparer plus aisément. On doit tenir compte de ces conditions dans le choix à faire, mais il semble que les lames d'acier sont préférables, sous la réserve de cette observation, que leur emploi exige une plus grande attention dans l'opération du nettoyage.

Lorsque les dents des lames sont émoussées, le travail est plus lent et exige plus de force, quoique la pulpe produite soit plus fine. On refait alors la garniture et l'on retourne les lames. Quand les lames sont encore émoussées de ce côté, on les remplace par d'autres et l'on fait aiguiser les dents des lames enlevées.

Apport des betteraves à la râpe. — On peut transporter les betteraves jusqu'auprès de la râpe à l'aide de petits chariots, et jeter ensuite les racines dans la trémie, à la main, sans emploi de moyens mécaniques; mais ce mode de travail serait trop pénible et insuffisant dans des établissements un peu importants. On amène, dans ce cas, les betteraves lavées avec le chariot, jusqu'au bord d'une fosse d'alimentation, dans laquelle on fait plonger une chaîne à godets, à seaux, ou sabots, qui les puise dans cette fosse et les élève automatiquement pour les déverser, à la hauteur voulue, sur un plan incliné, qui les conduit à la trémie. Ce dispositif, très-simple, économise beaucoup de main-d'œuvre, et devrait être adopté partout où l'on doit traiter des masses un peu considérables.

Travail de la râpe. — Une râpe, animée d'une vitesse de

650 tours par minute, divise, en pulpe fine, par mètre carré de surface et par heure, 1,400 kilog. de racines. Dans ces conditions, une râpe de 70 à 75 décimètres carrés de surface active suffit très-bien à un travail de 1,000 kilog. par heure, et l'on devra adopter pratiquement cette base. En faisant le développement de la surface active, à raison de 650 tours par minute et de 1,000 kilog. par heure, on trouve qu'une surface râpante de 27,300 m. doit exercer son action pour réduire 1,000 kilog. de racines en pulpe ténue. En partant de cette donnée, on peut calculer aisément la surface d'une râpe et le nombre de tours qu'elle doit faire pour diviser en une heure un poids donné de betteraves, à pression égale.

Or, cettè pression étant sous la dépendance des poussoirs dans les râpes ordinaires, l'expérience démontre que ces organes doivent fournir 300 coups par heure ou 5 coups par minute, pour procurer le résultat qui vient d'être mentionné, avec une régularité convenable.

Force dépensée. — Il faut compter une dépense effective d'un cheval-vapeur pour 450 kilogrammes de betteraves à diviser par heure de travail réel.

Cette indication expérimentale revient à dire que, pour râper 1,000 kilog. par heure ou 24,000 kilog. par jour, on dépensera une somme de travail-vapeur représentée par 2 chev. 42, ou 9 chevaux environ pour un travail de 100,000 kilogrammes en 24 heures.

Eau à la râpe. — En raison de la facilité avec laquelle les intervalles conservés entre les lames peuvent s'obstruer par l'amoncellement de la pulpe, on a imaginé de faire arriver sur le tambour même un filet d'eau qui délaye cette pulpe et la rend moins adhérente. La force centrifuge en débarrasse plus aisément les interstices; mais cette eau d'addition, que l'on emploie dans la proportion de 20 à 25 0/0, augmente nécessairement les frais d'évaporation, en diminuant la densité du jus de râperie.

Cet inconvénient ne paraît pas pouvoir être évité, dans l'état actuel des choses, et il serait avantageux de profiter de cette manœuvre pour faire arriver dans les pulpes des substances destinées à agir comme conservatrices du jus. On sait, en effet,

que l'air est un agent indispensable de la fermentation, et que nombre de substances, de celles que l'on a nommées extractives, s'altèrent presque subitement lorsqu'on les met en contact avec ce gaz. Certaines personnes ayant proposé de faire arriver dans le récipient à pulpe un courant d'acide carbonique, nous pensons que cette marche n'atteindrait le but que d'une façon très-incomplète et qu'elle serait une cause de frais à peu près inutiles. Si, au contraire, l'eau ajoutée à la râpe était une infusion de tan de chêne ou de pin, ou une solution affaiblie d'un astringent tannant quelconque, le résultat serait immédiat, malgré l'opinion contraire et non justifiée de Stammer. Les matières albuminoïdes du jus passeraient à l'état insoluble dans la pulpe même, dont les propriétés nutritives seraient augmentées par le fait; on serait désormais à l'abri des altérations, et la suite des opérations se ressentirait de cette mesure rationnelle. Il est nécessaire que l'eau, destinée à la râpe, contienne, pour 1,000 kilog. de pulpe, la matière soluble de 2^{k},500 d'écorce de chêne. On ne doit pas s'arrêter à la coloration brune communiquée aux pulpes par l'effet de la présence des tannates formés, car les pulpes, malgré cette coloration, sont plus saines que les pulpes ordinaires, et le jus devient presque incolore par l'addition d'un peu de lait de chaux à la défécation.

D'un autre côté, la qualité de l'eau employée à la râpe n'est pas chose insignifiante, et l'on doit donner la préférence à l'eau la plus pure et la plus pauvre en sels minéraux. Que l'on suppose, par exemple, l'emploi, par 25 0/0, d'eau retenant 0^{gr},02755 de sels solubles et 0^{gr},0325 de gypse par litre, on trouvera que cette eau introduit, dans le jus de 1,000 kilog. de racines, 6^{gr},0875 de sels et 8^{gr},125 de gypse, c'est-à-dire 15^{gr},0125 de matières minérales étrangères, qui se trouveront réunies avec le jus et ne s'en sépareront que très-imparfaitement.

Cette proportion de substances inorganiques, si faible en apparence, doit appeler l'attention du fabricant. Il n'y a pas de petites précautions en sucrerie, et si l'on ne se sert pas d'une *solution purifiante*, rien n'empêche d'employer des *eaux de condensation* qui ne présenteraient pas d'inconvénients de ce genre et pourraient souvent être utiles par l'ammoniaque qu'elles renferment lorsqu'elles proviennent de la concentration.

Râpe de Fesca. — Cette râpe est fort estimée chez les fabricants allemands, et plusieurs industriels français ou belges l'ont adoptée, avec ou sans modifications. La figure 94 en

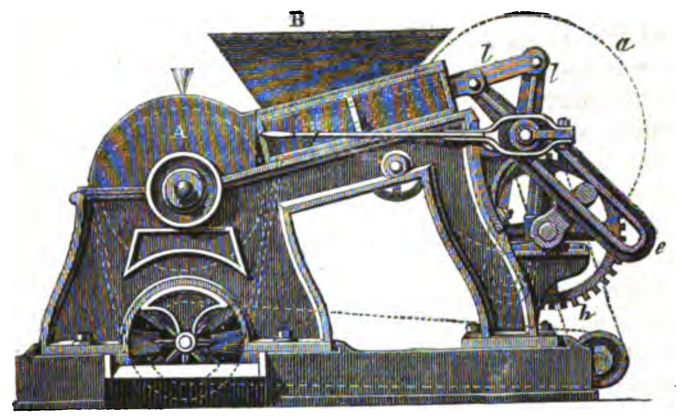


Fig. 94.

donne une coupe verticale sur la longueur de l'instrument et la figure 95 en est une coupe transversale par le centre du tambour.

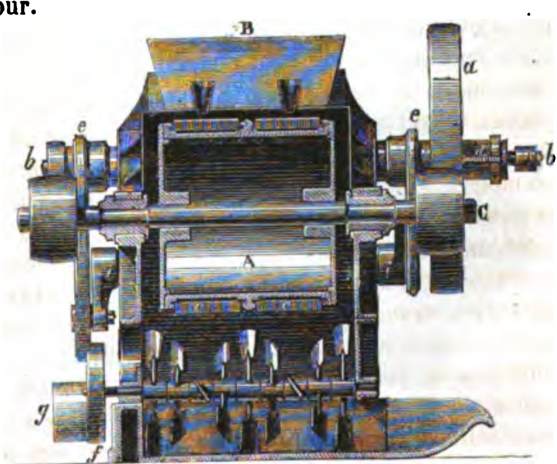


Fig. 95.

La râpe de Fesca porte, sur sa longueur, une double garniture de lames *cc*, bien qu'elle n'ait qu'un seul tambour A. Le mouvement est donné au tambour par les poulies *bb'*.

Un arbre, commandé par un engrenage, fait mouvoir alternativement deux poussoirs dont le recul est plus rapide que le mouvement en avant.

La particularité la plus remarquable de cette râpe, en outre de la double garniture qui vient d'être signalée, consiste en une disposition dont le but est de mélanger exactement la pulpe; cette matière, en sortant du tambour A, tombe dans un cylindre où elle rencontre un mélangeur mécanique à palettes. Ces palettes sont disposées en hélice et, tout en produisant le mélange et l'homogénéité des pulpes, elles contribuent à les faire sortir au dehors d'une manière uniforme. Comme la pulpe sort de cette sorte de malaxeur dans l'ordre de sa production, les hommes d'équipe, chargés d'emplir les cadres ou les sacs, ne peuvent faire autrement que de prendre la pulpe à mesure de son arrivée. Il en résulte qu'aucune portion de pulpe ne séjourne trop longtemps dans le bac, et qu'on évite ainsi une cause assez fréquente d'altération. Il serait très-utile d'adapter à toutes les râpes un organe malaxeur de ce genre, et cette modification pourrait se faire à peu de frais.

Râpe de Klusemann. — Nous trouvons, dans l'installation du constructeur Klusemann, une disposition aussi simple qu'ingénieuse, qui supprime les poussoirs.

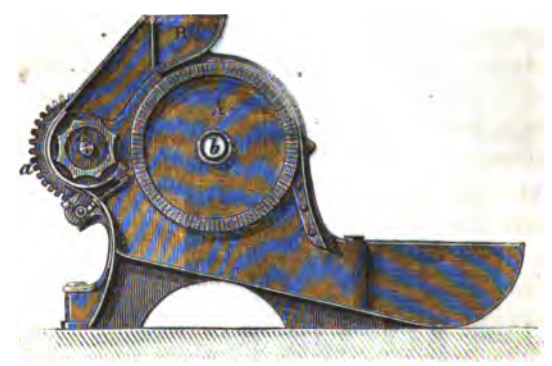


Fig. 96.

La râpe de Klusemann, dont la figure 96 présente la coupe verticale et la figure 97 une coupe horizontale, ressemble à la plupart des autres râpes en ce qui concerne le tambour et la

garniture de lames. Mais, à la partie antérieure du tambour et en avant de celui-ci, on remarque un cylindre *c*, muni de cannelures qui forment des espèces de cames, et qui est commandé par une roue dentée *a*. Cette roue est sous la dépendance d'une poulie qui reçoit le mouvement par un manchon disposé sur l'arbre du tambour, et elle ne fait qu'un tour pour 25 tours de râpe. Il en résulte que le cylindre à cannelures *c*, marchant en sens contraire du tambour, est animé d'un mouvement très-lent par rapport à celui de la râpe.



Fig. 97.

Les betteraves, jetées dans la trémie B, poussent un volet mobile disposé verticalement au fond de cette trémie, et elles pénètrent dans un espace inférieur, entre le tambour et le cylindre. Elles se trouvent alors saisies par les cannelures et pressées uniformément contre le tambour, sans pouvoir rétrograder vers la trémie. Le volet mobile, en se relevant, se trouve appuyé contre la paroi oblique de la trémie et s'oppose à tout mouvement de ce genre. Dans cette machine, fort bien comprise, le travail est d'une grande uniformité et la pression est constante. C'est, à notre sens, une des meilleures râpes qui aient été construites et, par sa simplicité, la solidité de sa construction et la continuité de la pression, elle mérite de fixer l'attention des manufacturiers.

Tambour de Robert. — La râpe employée à la fabrique de Seelowitz supprime également les poussoirs et produit la continuité de la pression d'une manière plus élémentaire, quoique moins élégante. Dans cette râpe (fig. 98), ce sont les bette-

raves elles-mêmes qui produisent la pression contre le tambour, par leur poids seulement.

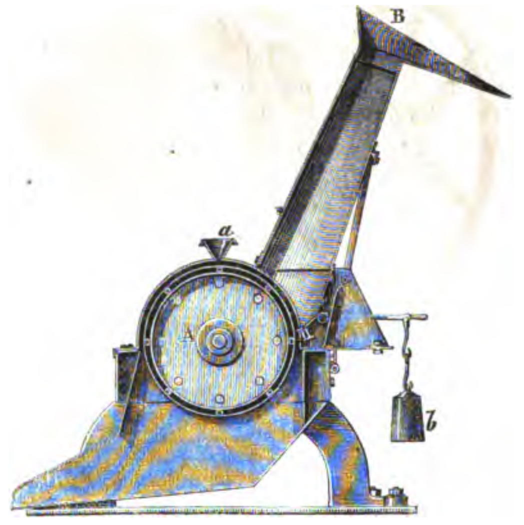


Fig. 98.

La trémie B de cette installation se termine inférieurement par une sorte de tuyau allongé, plus large en bas qu'en haut et de la même dimension en bas que la longueur du tambour. Les betteraves, introduites dans la trémie, tombent dans ce tuyau, ne peuvent plus remonter et pressent de leur poids sur la surface râpante.

Cet appareil fait un bon travail, mais il est moins puissant que celui de Klusemann, la pression étant seulement proportionnelle au poids des betteraves contenues dans le tuyau.

Râpe Cail. — La maison J.-F. Cail a exposé, en 1867, une râpe à tambour mobile, comme les précédentes. Cette râpe est remarquable par le mode assez original de la commande des trois pousseurs. Ces organes sont mus par des cames en spirale qui leur procurent une marche très-régulière en avant; le mouvement de recul s'opère par des leviers et des contrepoids.

Râpe Champonnois. — La figure 99 donne l'idée générale de

la râpe Champonnois, telle qu'elle était exécutée en 1867, et comme elle était disposée à l'exposition universelle de Paris.

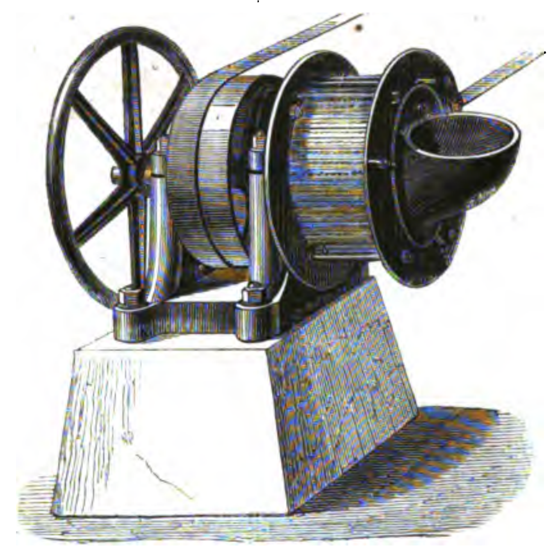


Fig. 99.

Pour bien comprendre l'instrument de cet inventeur, dont nous donnons une coupe ci-dessous (fig. 100), il est nécessaire

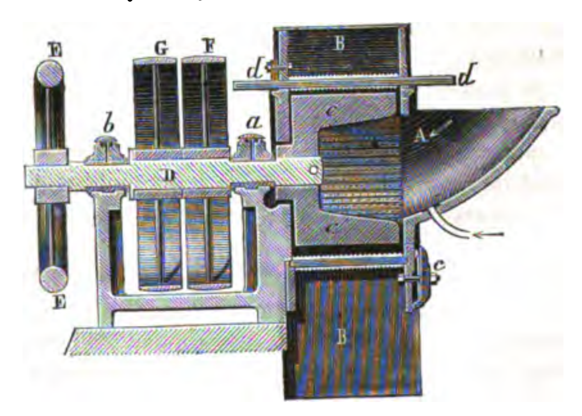


Fig. 100.

de se reporter à la râpe d'Odobbel qui représentait l'idée primitive. Cette râpe est la première qui ait été construite avec les

dents, ou l'*armure*, à l'intérieur du tambour, lequel était conique et mobile.

Un peu plus tard, Molard substitua un cylindre ou un tambour mobile, à armure intérieure, au cône d'Odobbel.

Enfin, M. Champonnois, reprenant le principe de l'armure intérieure, garde le cylindre comme Molard, mais il modifie ce système en donnant la fixité au tambour, et il met la betterave en mouvement par une palette en U qui la fait presser contre les dents de l'armure et vient en aide à la force centrifuge.

Ainsi, la râpe Champonnois se compose essentiellement d'une armure fixe, intérieure, formant un tambour concentrique au tambour extérieur BB, destiné à recevoir la pulpe. La pièce capitale de la machine, après l'armure, est un arbre D, mobile sur les paliers *a*, *b*, supportant un volant E, et deux poulies FG, l'une fixe et l'autre folle. Cet arbre est terminé par une palette *cc*, dont la fonction est d'appliquer, de presser les racines contre la surface râpante intérieure du tambour.

Les lames sont montées entre deux liteaux et groupées deux à deux, trois à trois, ou quatre à quatre. Dans l'intervalle qui existe entre les groupes, la barrette de séparation est interrompue de distance en distance, de manière à ménager des intervalles, nommés lumières, par lesquels la pulpe doit s'échapper et pénétrer dans le tambour extérieur, sous l'action de la force centrifuge. La largeur de ces lumières peut varier de 1/2 millimètre à 1 millimètre 1/2; les lames de scie font saillie en dedans de 1/2 millimètre.

On peut donc faire varier le travail en modifiant l'écartement des lames, le nombre des lumières et la saillie des lames, ainsi que la dimension et le nombre des dents.

Les racines sont introduites dans la trémie A, saisies par les palettes *cc* qui les emportent dans leur mouvement de rotation et les pressent contre l'armure. Des brides à vis *e* permettent de démonter l'armure et de l'enlever d'une seule pièce pour changer le tambour.

On a signalé, en fabrique, un inconvénient que nous avions déjà reconnu à l'examen d'une râpe Champonnois, c'est-à-dire l'obliquité du mouvement, qui conduit à une usure assez prompte des paliers et à la déviation de l'axe. Il est possible que, par des améliorations successives, ce défaut disparaisse, au moins en partie, mais il existe. D'autre part, cette râpe ne

fait un bon service que si l'on change fréquemment de lames, et il paraît indispensable de faire ce changement de une à deux fois par jour, ce qui ne laisse pas d'occasionner un certain dérangement.

La râpe Champonnois est très-puissante et elle peut produire de 6,000 à 7,000 kilogrammes de pulpe par heure, mais elle exige une alimentation très-active. On ne doit pas dépasser la vitesse de 800 tours par minute au maximum, si l'on veut obtenir une pulpe régulière avec cet instrument; mais on peut obtenir le degré de finesse que l'on désire. Plus les lames des groupes sont nombreuses, plus les lames sont rapprochées, plus les lumières sont étroites, moins les dents sont saillantes, et plus la pulpe produite est ténue.

L'action de la force centrifuge produit un mélange parfait et très-homogène de la pulpe avec l'eau additionnelle et, entre autres avantages produits par la disposition de M. Champonnois, il faut noter que pas une particule de betterave n'échappe à la rasion et que la totalité de la surface râpante est utilisée d'une manière continue et constante.

Nous le répétons donc : la râpe Champonnois est une bonne râpe, la meilleure de celles qui existent actuellement, au point de vue mécanique de la division des racines et de l'énorme rendement qu'elle peut produire.

A côté des qualités, on doit s'occuper des défauts et des inconvénients, et la râpe Champonnois présente bien quelques désagréments dont il convient de faire mention.

Il arrive que cette râpe se couvre très-promptement d'incrustations très-dures et très-résistantes d'oxalate de chaux mélangé avec de la matière azotée. M. Payen aurait conseillé, paraît-il, de plonger le tambour dans une dissolution bouillante de carbonate alcalin. Le conseil était à peine acceptable si l'on ne considérait que l'oxalate de chaux, puisque les carbonates alcalins sont sans action sur ce sel. Mais, comme ces carbonates alcalins peuvent dissoudre les matières azotées, on devait arriver ainsi à détruire l'agrégation de ce produit cristallin et à pouvoir l'enlever par un lavage. M. Champonnois a trouvé quelque chose de plus simple et de plus complet. On ôte le tambour de son bâti et on y introduit une grille contenant du charbon incandescent. Sous l'action de la chaleur, la matière

incrustante subit un retrait, se fendille et se détache. Un lavage à la brosse complète le nettoyage.

Les jus provenant du râpage Champonnois sont moins purs que ceux des râpes ordinaires, ce qui tiendrait, d'après quelques suppositions, à l'effet produit par une trop grande division du tissu cellulaire, laquelle détermine une certaine solubilité de cette substance. Il est plus probable encore que les principes pectiques subissent une certaine altération dans ce genre de travail.

On a également reproché à la râpe Champonnois de dépenser beaucoup de force. Nous sommes cependant de l'avis de Walkhoff, et nous croyons que, pour un poids donné de racines, cet instrument ne dépense pas beaucoup plus qu'un autre. Il produit plus et dépense davantage.

Nous ne décrirons pas d'autres instruments de râpage, les données précédentes nous paraissant devoir suffire pour l'intelligence des faits, et nous n'ajouterons plus que quelques mots sur une mesure que nous regardons comme très-pernicieuse, de quelque côté qu'on veuille l'envisager. Nous voulons parler du chaulage à la râpe.

Chaulage à la râpe. — On a prétendu que, si de trop grandes quantités de chaux, ajoutées sur la pulpe, la rendent malsaine pour le bétail, il n'en est pas de même de quantités telles que cet agent soit entièrement soluble dans le jus, en sorte qu'il n'en reste pas dans la pulpe, ou qu'il n'en reste que des quantités insignifiantes. Un chimiste a conseillé d'employer à la râpe du sucrate de chaux, préparé avec des mélasses épuisées, et d'une faible densité de 2° à 2°5 B, prétendant enrichir ainsi la pulpe au point de vue de l'alimentation et améliorer les jus sous le rapport de la richesse sucrière...

Sans doute, l'emploi d'un peu de sucrate à la râpe ne peut avoir sur la santé du bétail les mêmes conséquences que l'emploi du lait de chaux, puisque le sucrate soluble ne laisse, après la pression, que des proportions infinitésimales de chaux dans la pulpe; mais il n'en est pas moins vrai de dire que l'aliment du bétail est rendu alcalin et que la continuité d'une nourriture de ce genre ne peut que produire de mauvais effets, sous l'influence de constitutions épizootiques assez fréquentes. Condamner un animal à l'action incessante des alcalis ou le

condamner à celle des acides, cela ne paraît pas beaucoup plus rationnel dans un cas que dans l'autre.

Cette addition de sucrate nous semblerait fort logique dans les circonstances où le résidu n'est pas destiné à l'étable, et il y a bien des années que nous faisons pratiquer cette addition pour les vesous et les cossettes de canne ; mais nous n'agirions pas ainsi pour les pulpes de betterave ou de carotte, rien n'étant plus illusoire que les théories et les discours en matière d'application physiologique.

Sous un autre aspect, la question est plus grave encore pour l'industriel. C'est au cultivateur à refuser les pulpes chaulées, malgré les clameurs et les dires ; mais le fabricant doit examiner encore de plus près les conséquences pratiques de cette mesure.

Par la chaux et par le sucrate de chaux, on met en liberté les alcalis du jus. Ceux-ci dissolvent ou maintiennent en dissolution les matières azotées, par lesquelles on est poursuivi dans toute la série des opérations. Si les racines ont subi un commencement d'altération, si elles renferment du glucose, les jus se colorent en rouge brun quand on en élève la température et l'on tombe sous les conséquences de la présence des alcalis, dont les amateurs ne paraissent pas se douter, tant le préjugé favorable à l'alcalinité des jus sucrés a jeté de profondes racines.

On peut affirmer hautement que, de toutes les substances proposées pour conjurer l'altérabilité des jus à la râpe, le tannin est la seule qui justifie entièrement les espérances qu'on peut concevoir, la seule qui immobilise, en réalité, la réaction des principes pectiques, qui enrichisse les pulpes et les rende plus saines, et qui favorise le travail ultérieur. Qu'on l'emploie donc sous une forme ou sous une autre, mais qu'on cesse de recourir à des pratiques inconsidérées, dont les dangers sont palpables. On devrait encore s'abstenir de ces pratiques, lors mêmes qu'elles ne feraient que préjuger une des questions les plus graves de la sucrerie, celle de l'alcalinité des jus, car si le sucre redoute moins les bases solubles que les acides, les inconvénients qui résultent de la présence des premières n'en sont pas moins incontestables.

Doit-on se préoccuper, dans un travail grave et sérieux, de cette idée germanique, qui consisterait dans l'emploi des solutions phéniques comme agents de préservation des jus? Sans

contester la propriété antiseptique du phénol et de l'acide phénique, pas plus que celle de la créosote, des goudrons et de tous les produits empyreumatiques, en général, il semble qu'une absurdité de ce genre ne mérite pas d'être répétée, sinon comme un exemple d'aberration. Mieux vaudrait encore l'emploi du sucrate de chaux, fort rationnel dans un grand nombre de circonstances, mieux vaudrait l'acide sulfureux, que l'empoisonnement des jus par l'introduction de l'acide phénique à la râpe ou ailleurs.

Extraction du jus par la pression. — Lorsque les racines ont été réduites en pulpe par l'action de la râpe, il est indispensable d'en extraire le jus le plus promptement possible, pour éviter les altérations que l'action de l'air ne peut manquer d'y déterminer, à moins que l'on n'ait ajouté à la pulpe, à mesure de la production, une solution conservatrice. Cette extraction se fait, en grande pratique industrielle, par la *presse hydraulique* dont il a été parlé (p. 89 et suiv.) et sur laquelle il reste à fournir quelques indications manufacturières. Le plus souvent, avant de soumettre les pulpes à l'action de la presse hydraulique, on opère une *pression préparatoire* à l'aide d'une presse à vis. Quelquefois, pour compléter l'épuisement, on fait une seconde pression à la presse hydraulique, une *pression complémentaire*, après avoir imbibé la pulpe d'une certaine proportion d'eau. Ces opérations sont précédées par l'ensachement de la pulpe.

Mise en sacs. — On emploie deux sortes de sacs pour contenir la pulpe que l'on doit soumettre à la pression, ou, plutôt, on se sert de sacs fermés ou de carrés de toile de laine, analogues à des serviettes. Dans le premier cas, le plus général, celui de l'emploi des sacs fermés, l'ensachement se fait à la pelle par un ouvrier, qui puise la pulpe dans le récipient où elle tombe après l'action de la râpe. Un autre ouvrier tient le sac ouvert et, lorsque la quantité de pulpe nécessaire y a été introduite, il le place sur une claie métallique perforée, rabat *carrément* la portion ouverte et passe rapidement un rouleau sur le sac pour en répartir également le contenu; puis il place sur ce sac *aplati* une seconde claie, pendant qu'un autre ouvrier prépare un autre sac. Celui-ci est placé sur la seconde

claie, en sens inverse du premier, le fond du côté de l'ouverture du précédent. On l'égalise par un coup de rouleau et on replie l'ouverture. Ce repli est à l'opposé de celui du premier sac, en sorte que tous les sacs d'une pile sont disposés alternativement, que les replis sont en même nombre à chaque extrémité et que deux sacs consécutifs sont séparés par une claie. Cette disposition favorise l'égalité de la pression.

On forme ainsi des piles de 30 à 35 sacs, sur une *table à ensachement* en fonte, perforée de trous qui répondent à une cuvette placée au-dessous. Un tuyau d'écoulement porte le jus qui passe dans cette cuvette au point où il convient.

L'ensachement se fait très-fréquemment à l'aide d'un *pelleteur mécanique*, dont la figure 101 donne une idée satisfaisante.

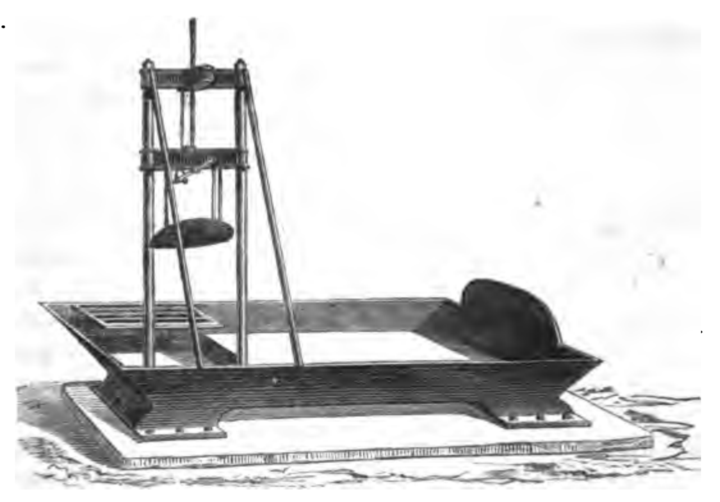


Fig. 101.

Quelques personnes ont reproché à cet engin de puiser toujours la pulpe au même point; mais ce reproche ne semble mériter que fort peu d'attention, car il est très-facile d'obvier à ce petit inconvénient. Il suffit de donner au récipient une inclinaison suffisante pour que la pulpe arrive graduellement dans la portion la plus déclive.

L'emploi des sacs fermés présente l'avantage signalé tout à l'heure d'une pression plus égale. Il convient d'ajouter que les pulpes se trouvent isolées par des tissus dans toute la section

de la pile, et que cette circonstance favorise l'écoulement du jus.

Quantité de chargement. — On comprend sans peine que plus la couche de pulpe sera épaisse dans chaque sac et plus grande sera la difficulté de l'extraction. Le même résultat se produit avec toutes les presses. Plus la couche de matière est épaisse et plus il y a de liquide emprisonné dans les portions centrales, et les plus grands efforts ne peuvent vaincre la résistance des parois formées par cette sorte de pralinage. Mais, cependant, il ne convient pas de pousser à l'excès l'application de ce principe. Lorsqu'on se maintient dans certaines limites expérimentales, la portion plus fluide enfermée dans le centre de la couche forme matelas hydraulique et contribue à augmenter le résultat de la pression par son élasticité et sa résistance. Il a été constaté que les résultats les plus avantageux correspondent à une charge de 150 grammes par décimètre carré de la surface des sacs. Nous avons vu des effets aussi bons obtenus avec la charge un peu supérieure de 160 grammes par décimètre, mais il ne conviendrait pas de dépasser ce dernier chiffre. C'est à celui de 150 grammes que l'on doit s'arrêter en pratique, et cette base est sanctionnée par l'opinion des meilleurs spécialistes. Ce chiffre conduit à $2^{k},400$ de pulpe par sac pour la section de $0^{m},40$ de côté, et à $7^{k},35$ pour la section de $0^{m},70$. La charge définitive dépend de la hauteur de la pile ou de la colonne de sacs que l'on introduit entre le plateau et le sommier de la presse.

Mise en toiles. — Au lieu d'employer de véritables sacs, selon la pratique française, que les Allemands eux-mêmes regardent comme la meilleure, un certain nombre de fabricants ont adopté la marche des usines allemandes, qui consiste à se servir de carrés d'étoffe de laine pour remplacer les sacs. On place sur la table de chargement une claie perforée, puis un cadre, de la dimension de la section de la pile. Sur ce cadre, on dispose un carré d'étoffe, de manière que les angles correspondent au milieu des côtés du cadre. On verse la quantité de pulpe sur cette étoffe, on l'étend uniformément avec la main ou avec une spatule, puis on rabat les quatre coins de l'étoffe sur la pulpe. Après avoir soulevé le cadre, on place une se-

conde claie, puis le cadre et un autre morceau d'étoffe, qu'on remplit de même et qu'on recouvre de la même façon. On continue ainsi jusqu'à ce que la pile soit arrivée à sa hauteur et on la recouvre d'une dernière claie.

Le défaut de cette manœuvre consiste en ce que les piles sont moins égales, plus exposées à glisser et à tomber, à cause des replis formés par les coins. La manœuvre n'est pas plus commode que celle des sacs, bien qu'on l'ait souvent prétendu, et les sacs fermés donnent un meilleur résultat.

Pression préparatoire. — Dans beaucoup de fabriques, on opère sur la pile une pression préparatoire, dans le but d'ex-

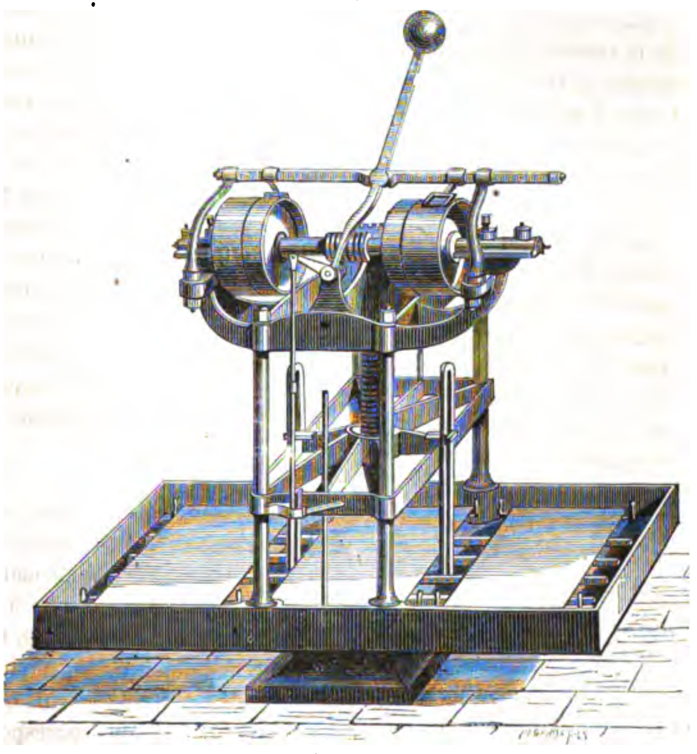


Fig. 102.

traire la portion du jus qui se sépare le plus facilement, afin de pouvoir augmenter la hauteur de la pile. Cette pression peut se

faire sur la table de chargement à l'aide d'un plateau. On pourrait encore l'exécuter commodément à l'aide d'une presse à levier dans le genre de celle de Chaptal (fig. 80). Le plus communément on se sert, en France, d'une presse spéciale à laquelle on donne le nom de presse préparatoire.

La presse préparatoire construite par la maison Cail est représentée par la figure 102 ci-dessus, et c'est un des meilleurs dispositifs qui aient été construits dans ce but.

Comme on le voit dans le dessin, cette presse porte trois tabliers. Les deux latéraux servent de tables de chargement, et l'on élève les piles alternativement sur l'une et sur l'autre. Lorsqu'une pile est arrivée à sa hauteur, on la fait passer sur le tablier du milieu et l'on abaisse le plateau par le jeu d'une vis sans fin. Cette vis est commandée par une roue d'angle qui se débraye seule, lorsque la pression est arrivée à sa limite.

Il existe encore quelques autres presses construites sur des principes analogues, mais celle-ci nous paraît être la mieux établie au point de vue de son objet particulier.

Ces sortes de presses peuvent extraire de 40 à 50 pour 100 de jus. Il en résulte que l'on peut surélever la hauteur des piles qui doivent subir la pression hydraulique et que, sous ce rapport, elles deviennent un précieux auxiliaire du travail. La manœuvre est, du reste, assez rapide pour qu'une presse préparatoire de ce système puisse servir quatre grandes presses hydrauliques.

Pression hydraulique. — Soit que l'on exerce, ou non, la pression préparatoire, une partie du jus de la pulpe des piles s'est écoulée pendant le chargement; une autre portion s'est séparée pendant la pression dont nous venons de parler, lorsqu'on juge à propos de la pratiquer. Il convient alors de procéder à la pression proprement dite.

En général, on reprend à la main, *une à une*, les claies et leurs sacs, et on en reforme une pile sur le plateau de la presse jusqu'au sommier. On termine par une claie. On donne alors le mouvement à la pompe simple ou double, et ce travail est continué jusqu'à ce que la plus forte pression ne fasse plus sortir de jus.

Comme les piles ne présentent pas la même surface, il peut arriver, avec celles dont la section est petite, que les claies

glissent sur les sacs et que le tas s'écroule. Cet inconvénient est plus fréquent avec les carrés de toile, à l'allemande, qu'avec les sacs fermés de la méthode française. On y obvie en adaptant au plateau de la presse des guides latéraux qui pénètrent dans des ouvertures pratiquées dans la traverse du sommier. Il va de soi que ces guides peuvent être enlevés, pendant le chargement ou le déchargement, du côté où ils pourraient être gênants. On peut, du reste, se passer fort bien de cet accessoire, d'abord, parce que les montants qui supportent le sommier peuvent être établis pour servir de guides, ensuite, parce que des piles bien faites ne glissent jamais. Plus une pile est à grande section, moins elle est exposée à cet accident, qui ne se voit jamais après une pression préparatoire. Il convient de remarquer encore que les tiges métalliques qui servent de guides se faussent souvent et ne remédient qu'imparfaitement à un défaut de soin dans le travail préalable.

La manœuvre qui consiste à refaire la pile, claie par claie, en la disposant sur le plateau de la presse est fautive pour deux raisons principales : la première consiste en ce qu'elle cause une perte de temps notable et qu'elle augmente la main-d'œuvre ; la seconde, en ce que les ouvriers se blessent souvent en maniant les claies, et que les excoriations et les gerçures qui en résultent sont douloureuses et d'une guérison assez lente. Il est bien préférable de produire le mouvement de translation de la pile entière, d'un seul bloc, sans avoir recours à une pratique longue et pénible. On parviendrait facilement à ce résultat par un système de galets convenablement disposés, sur lesquels on peut faire glisser un plateau servant de base à la pile. Walkhoff a établi un dispositif qui a été adopté par plusieurs fabricants et qui remédie à cet inconvénient. La figure 103 ci-contre en donne une notion très-suffisante.

La table de chargement *n* est disposée de manière que le plan supérieur soit exactement au niveau du plateau de la presse, lorsqu'il est redescendu en bas de sa course. Un plateau de support, auquel est fixé un anneau, sert à établir la pile. De l'autre côté de la presse, se trouve une table de déchargement qui porte un engrenage *j*, donnant le mouvement à une chaîne sans fin. Deux crochets *ee* réunissent le plateau de la pile en chargement avec celui de la pile en pression, et celui-ci avec le plateau de la pile qui est sur la table de déchargement, lequel

est entraîné par la chaîne. Les crochets *ee* s'enlèvent aisément. La manœuvre à opérer est très-facile. Supposons que la pile pressée est démontée, que le chargement de la pile est terminé sur

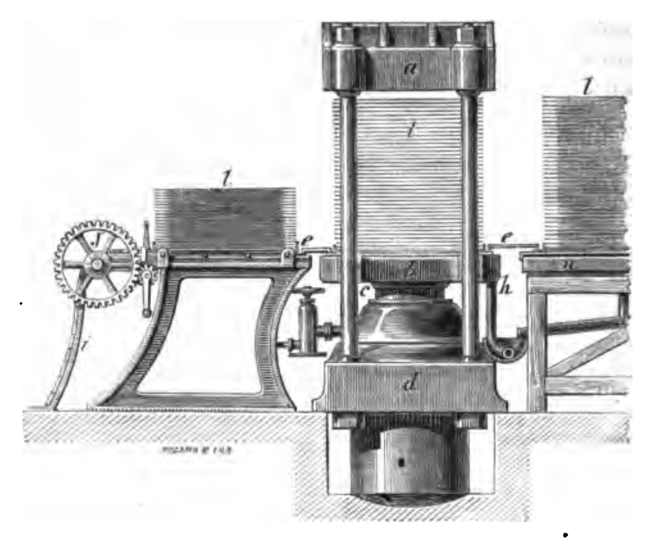


Fig. 103.

la table, et que la pression de la pile en travail est terminée. On fait redescendre le piston et le plateau de la presse, en ouvrant le robinet du tube *h*, lequel reporte à la bâche l'eau contenue dans le cylindre. Lorsque le plateau est au bas de sa course, on adapte un crochet *e* à la chaîne sans fin commandée par *j* et au plateau de la pile pressée; un autre crochet *e* sert à réunir, de l'autre côté, le plateau de cette pile pressée avec celui de la nouvelle pile qui vient d'être préparée. On met alors en mouvement l'engrenage *j*, et la chaîne sans fin appelle la pile pressée sur la table de déchargement et la pile à presser sur le plateau de la presse. On ôte les crochets et l'on procède à la pression pendant que l'on établit une nouvelle pile sur la table de chargement.

Cette disposition supprime les pertes de temps et économise une partie de la main-d'œuvre. Nous la considérons comme très-utile sous les divers rapports dont il a été parlé plus haut, et elle procure des avantages assez nets pour qu'on n'hésite pas à l'adopter partout où il est possible de le faire.

La manœuvre de la pression hydraulique est tellement compréhensible qu'il est hors de propos de s'arrêter à la décrire en détail. La pile est chargée sur le plateau; on met en jeu la pompe simple ou double; le piston s'élève et la pile est pressée contre le sommier *a*. Lorsque l'action est terminée, on fait redescendre le plateau en vidant l'eau que l'injection a fait passer dans le cylindre de la presse; cette eau retourne à la bâche alimentaire de la pompe; on referme le robinet de vidange et, après un nettoyage rapide, l'instrument est prêt pour une autre opération. Tout cela est d'une simplicité excessive. Il ne semble pas hors de propos, cependant, de résumer les faits techniques relatifs à la pression hydraulique et de mettre sous les yeux du lecteur les renseignements qui peuvent guider la pratique industrielle. C'est ce que nous allons chercher à faire, le plus brièvement possible, en groupant méthodiquement les données les plus intéressantes à ce sujet.

Observations sur l'action de la presse hydraulique. — Dans l'action de la presse hydraulique, on doit considérer d'abord, en pratique, la *pompe d'injection* et le *cylindre récepteur* dans lequel se meut le piston de la presse. Ces deux organes sont les plus importants dans cet ensemble ingénieux qui constitue la presse hydraulique, et l'étude de l'action de la pompe, celle des causes de rupture du cylindre, présentent un haut degré d'utilité. De même, dans l'application industrielle qui nous occupe, il est intéressant de rechercher quelles peuvent être les meilleures dimensions à donner aux piles, d'étudier les phases du mouvement ascensionnel du plateau de la presse, d'apprécier l'intensité de la pression par unité de surface et d'en examiner la valeur active, d'étudier le rapport du produit avec la durée de l'action, avec la dimension des presses, de rechercher quelle est l'influence de la nature des pulpes et des jus sur le produit et de calculer le rendement effectif. Toutes ces questions sont d'un ordre tel qu'il est impossible de les passer sous silence et de ne pas chercher à s'éclairer sur les points qu'elles comportent, lesquels sont très-importants en technologie et de la plus haute utilité pratique.

A la suite de ces investigations, viennent naturellement se placer quelques observations sur la pression complémentaire et sur l'épuisement des pulpes pressées. Le lavage des sacs

sera ensuite l'objet de quelques remarques de pratique destinées à en faciliter l'exécution.

Pompe d'injection. — La pompe d'injection est simple ou double, c'est-à-dire qu'elle se compose d'un corps ou de deux corps de pompe. La construction de chaque corps est identique, et la seule différence qui existe entre les deux circonstances consiste en ce que, si la pompe est à deux corps, l'un des deux pistons présente une section plus grande, ce qui force, évidemment, à augmenter la section du corps ou du cylindre correspondant.

Un corps de pompe est un cylindre creux, à parois résistantes, en bronze ou en acier, autant que possible, dans lequel se meut un piston cylindrique plein. Ce piston est attaché à une tige qui reçoit le mouvement alternatif à l'aide d'un excentrique. Le corps de pompe communique avec une bâche à eau, par l'intermédiaire d'un tube plongeur, terminé en pomme d'arrosoir, et d'un clapet d'aspiration s'ouvrant de dehors en dedans. Une autre soupape, un clapet de refoulement, établit une communication avec le cylindre de la presse par un tube de transmission. Ce clapet s'ouvre de dedans en dehors. Lorsque le piston se soulève, la soupape d'aspiration s'ouvre et l'eau de la bâche pénètre dans le corps de pompe. Le piston, en s'abaissant, presse sur cette eau, ferme le clapet d'aspiration et ouvre la soupape de refoulement. L'eau passe dans le cylindre de la presse, et le clapet de refoulement se ferme aussitôt que le piston s'élève de nouveau.

L'action alternative se continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'effet cherché qui est l'élévation du piston de la presse et la compression de la pile disposée sur le plateau.

La pression est d'autant plus lente, mais d'autant plus forte, que le piston de la pompe est plus petit par rapport au piston de la presse.

La pression est plus rapide lorsque le piston de la pompe est d'une section plus grande, toutes choses restant égales d'ailleurs, parce que chaque coup de piston injecte dans le cylindre une quantité d'eau plus grande. L'expérience faisant voir que, au début de l'opération, la pression peut être plus rapide, à raison de la moindre résistance de la pulpe, tandis qu'elle doit être plus lente et plus énergique à la fin du travail,

on pourrait employer d'abord une pompe à piston plus gros, puis ensuite une pompe à piston plus petit. On a imaginé d'établir des pompes à double corps et à deux pistons, de diamètre différent, qui fonctionnent simultanément et donnent une grande vitesse relative, pendant ce double fonctionnement. La pression de l'eau suspend automatiquement le jeu du gros piston, lorsque la pression est arrivée à un certain point, et le petit piston continue à agir seul. Lorsque le maximum est atteint, une soupape à contre-poids arrête l'action du petit piston et la pompe fonctionne à vide, ou plutôt sans injecter d'eau dans le cylindre de la presse. Si la pression vient à diminuer par l'effet de l'écoulement du jus, la soupape se ferme et la pompe agit de nouveau, en sorte que la pression reste constante, dans une limite maximum déterminée. La figure 104 représente un jeu de pompes de ce genre, à six corps, fournissant une pression constante et à débrayage automatique. Cette installation a été construite par la maison Cail, mais tous les constructeurs établissent aujourd'hui ce dispositif.

Il n'est pas nécessaire d'agir sur la pulpe avec une pression aussi considérable qu'on le suppose généralement. Que l'on se rappelle, à cet égard, le fait de la presse ordinaire à vis, laquelle, étant manœuvrée avec soin et attention, fournissait aux premiers fabricants jusqu'à 80 de jus pour 100 de racines, et l'on comprendra que la pression énorme, développée par la presse hydraulique, est le plus souvent sans but sérieux. Cette question sera élucidée. Il ne nous semble donc pas utile de produire ces pressions fabuleuses de 350 à 375 atmosphères, dont les effets nuisibles sur les sacs et sur les joints des appareils ne sont pas compensés par un meilleur rendement. On doit tenir compte également de la force dépensée en plus sans résultat... On a conseillé de se borner à une moyenne de 90 atmosphères pour la grande pompe, et de 190 pour la petite; mais nous trouvons encore cette limite trop étendue.

A notre sens, la véritable utilité de la presse hydraulique, en sucrerie, ne repose pas sur l'énormité des pressions qu'elle peut produire, mais sur la commodité de son emploi. On aurait beau déterminer des pressions de plusieurs millions de kilogrammes, sacrifier les toiles, etc., on ne pourra jamais ouvrir une cellule close, par pression sur la couche de pulpe; on n'enlèvera pas même tout le jus libre et, quoi qu'on ait fait,

si l'on a atteint exceptionnellement 83 à 84 de jus 0/0, le rendement pratique ne s'éloigne pas de 80 à 81, 82 0/0 tout au plus avec les plus fortes presses. Or, ce rendement pouvant être

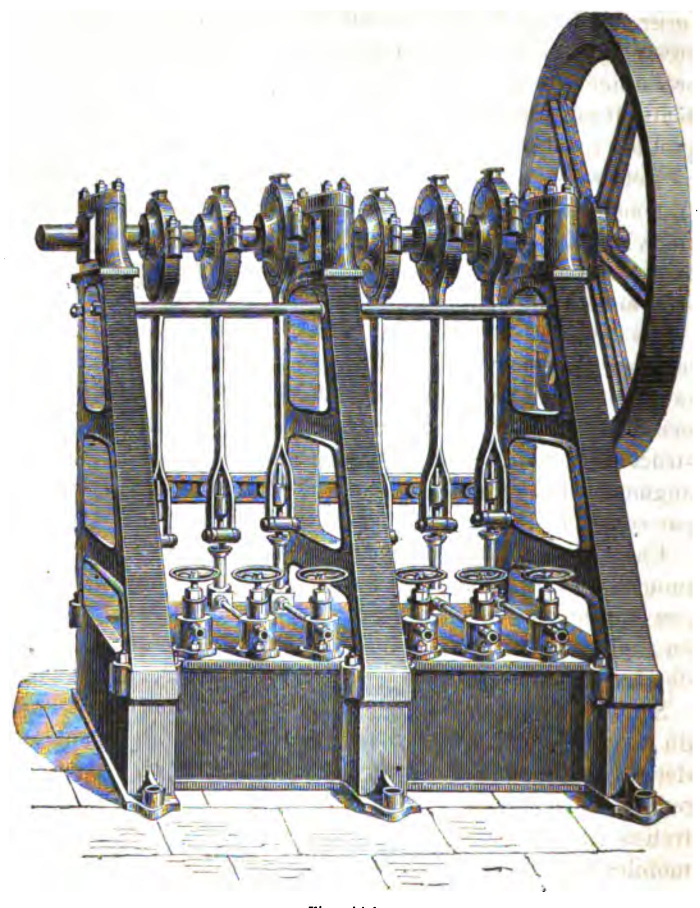


Fig. 104.

obtenu avec une pression beaucoup plus faible, de 50 à 60 atmosphères, par exemple, et même par une pression moindre encore, il semble difficile d'admettre raisonnablement l'urgence de certaines pratiques exagérées.

Causes de la rupture du cylindre. — En dehors des causes

accidentelles, la nature de cette enveloppe peut être une cause de rupture. Ainsi la présence du soufre, du phosphore, etc., dans la fonte, rend la matière plus fragile et moins résistante. Nous n'hésiterions pas à adopter et à conseiller l'emploi de l'*acier fondu*, ou de notre *bronze de fer*, pour les cylindres de presse hydraulique, dans la pensée que l'on doit prendre les précautions les plus sérieuses pour se mettre à l'abri des accidents. Il est bon, d'ailleurs, de le dire en passant; le prix auquel les constructeurs portent les pompes hydrauliques leur permet de ne pas *lésiner* sur la matière employée et, en admettant même qu'ils fassent subir une augmentation proportionnelle, le cylindre en acier ou en bronze sera toujours préférable au cylindre en fonte. On peut, du reste, lui donner une épaisseur moindre de parois, en raison de sa plus grande ténacité.

Les cylindres ordinaires sont sujets à la rupture quand on leur fait supporter une pression qui n'est pas en rapport avec la résistance de leurs parois. Il arrive en effet que, sur la demande d'une presse disposée pour de fortes pressions, le constructeur fait augmenter la section du piston de la presse sans augmenter l'épaisseur des parois du cylindre, leur résistance, par conséquent, dans une relation convenable.

Une seconde cause, la plus fréquente de celles qui déterminent ce genre d'accidents, consiste dans l'imprudence de ceux qui manœuvrent les presses et qui, sans raison plausible, en augmentent la charge par l'addition de poids sur la soupape de sûreté.

Souvent encore, par suite de négligence dans la surveillance du travail, la soupape de sûreté n'est pas libre, les clapets de détente ne fonctionnent pas régulièrement. On ne doit jamais oublier que les soins les plus minutieux doivent présider à l'entretien des organes d'une presse hydraulique, que les parties mobiles doivent être nettoyées et graissées avec la plus grande attention, et qu'il est toujours inutile, souvent funeste, d'outrer la pression. Enfin, le bon fonctionnement d'une presse hydraulique exige que l'eau de la bâche soit très-propre, très-pure, et l'on ne saurait prendre trop de précautions sous ces divers rapports. Il suffit d'un grain de sable ou de poussière pour modifier ou arrêter la marche d'un clapet et suspendre ou ralentir le jeu de la machine. Aussi a-t-on conseillé avec raison de se servir d'eau distillée provenant de la condensation de la

machine à vapeur. Outre la raison de propreté dont il vient d'être question, il faut encore voir, dans l'emploi de l'eau ordinaire, une cause d'incrustations et de dépôts qui peuvent nuire au fonctionnement de l'appareil.

Dimensions des piles. — Les piles peuvent varier en section et en hauteur. Sous le rapport de la section, les claies et les sacs varient de dimensions avec la surface du plateau de la presse. Entre les développements extrêmes de $0^m,35$ et $0^m,75$ de côté pour les claies, répondant à des plateaux de $0^m,45$ ou de $0^m,85$, il y a une marge très-grande, et l'on comprend que, si le rendement est le même pour 100 parties de pulpe, il y aura toujours avantage à employer des presses de grandes dimensions, puisque, à hauteur égale de la pile, chaque sac peut être chargé de beaucoup plus de matière. Il y a là une question économique importante, la contenance de chaque sac pouvant varier entre 2 et 8 kilogrammes, c'est-à-dire de 1 à 4. Il est bien évident que, si le temps employé à la pression des piles n'est pas augmenté dans la même proportion, il y aura économie de travail, de temps et de dépense, dans l'emploi des grandes presses. Or, l'expérience usinière et le calcul font voir que la durée du mouvement ascensionnel du plateau est proportionnel à la distance, c'est-à-dire à la hauteur de la pile. Il s'ensuit que, pour des piles de hauteur égale, la durée de l'ascension sera la même, quelle que soit la section, en sorte que les piles à grande section donnent, dans l'unité des temps, un rendement qui peut être quadruple du rendement des petites piles, dans une relation déterminée.

La *hauteur des piles* est le second élément qui intervient dans l'appréciation du rendement d'une presse; mais la durée du travail représente une circonstance essentielle de l'opération. Nous verrons, dans un instant, que cette durée est déterminée par le rapport des sections des pistons de la pompe et de la presse, par le nombre des mouvements du piston de pompe, et par la hauteur de la course du piston. Dans les conditions admises, le mouvement ascensionnel du plateau est de $0^m,04$ par minute, par une seule pompe, d'un piston de $0^m,03$ de diamètre. Si l'on suppose deux cas extrêmes, ceux d'une pile de $0^m,80$ de hauteur et d'une pile de $1^m,40$, c'est-à-dire, si l'on admet une hauteur double des côtés, comme on sait, expéri-

mentalement, que la compression réduit les piles des 5/9 de leur hauteur, on trouve que la pile de 0m,80 devra se réduire à 0m,355 et la pile de 1m,40 à 0m,622. Le mouvement à opérer sera donc de 0m,445 pour la pile de 0m,80 et de 0m,778 pour la pile de 1m,40. Il en résulte que le mouvement ascensionnel de la petite pile sera terminé en 11 minutes environ (11′ 1/8) et que celui de la grande pile ne se terminera qu'en 19 minutes à peu près.

En laissant les piles en pression, dans les deux cas, pendant 5 minutes, ce qui est la règle suivie en pratique, le temps total est représenté par 16 minutes pour la petite pile et par 24 minutes 1/2 pour la grande pile. Or, la relation entre les différences des hauteurs et des temps est représentée par 80:140::16:x et x égale 28 minutes; d'où il suit que l'on gagne 3 minutes 1/2 en opérant sur une pile de 1m,40 dans les conditions où l'on s'est placé.

Ce bénéfice sur le temps n'est dû qu'à la durée égale de la pression maximum, car la durée du mouvement ascensionnel est rigoureusement proportionnelle à la hauteur de la charge. Pour rétablir la proportionnalité, il faudrait que la grande pile restât en pression pendant 8 minutes 1/2, ce qui ne présenterait aucune utilité.

En combinant ensemble l'augmentation de la section des piles et celle de leur hauteur, on peut arriver à des résultats intéressants. Nous admettons en principe le chargement indiqué plus haut de 150 gr. par décimètre carré. Or, une pile de 80 centimètres ne comporte que 40 sacs de 0m,40 de côté au plus et, dans une pile de 1m,40 on peut faire entrer au moins 50 sacs de 0m,70 de côté.

La charge de la petite pile est de 96 kilogrammes à 2k,400 par sac, et elle sera pressée en 16 minutes[1]. La charge de la grande presse est de 367k,50, à raison de 7k,35 par sac, et elle sera pressée en 24 minutes 1/2. Le travail de la première presse sera donc de 6 kil. par minute, tandis que celui de la seconde sera de 15 kil. dans le même temps.

Une petite presse ne pourra donc presser que 7,920 kil. de pulpe par jour de 22 heures de travail effectif, et une grande

1. Dans la condition hypothétique d'une seule pompe... Le calcul pratique du mouvement ascensionnel et de la durée d'une opération industrielle est exposé plus loin, pages 516 et 517.

presse, à pile élevée, pressera, dans le même temps, 19,800 kilogrammes. Trois de ces dernières presses suffiront pour un travail journalier de 50,000 à 60,000 kilogrammes, lorsqu'il en faudrait six ou sept petites pour exécuter le même travail.

Ces considérations, dont l'utilité n'a pas échappé au lecteur, seront complétées dans un instant par un calcul plus détaillé sur la durée réelle de la pression, les conditions qui viennent d'être supposées étant un peu modifiées dans la pratique.

Calcul du mouvement ascensionnel du plateau. — En raisonnant sur une seule pompe et en supposant au piston de cette pompe un diamètre de $0^{m},03$, ou une section de $0^{mq},00,07^{cm},0686$, si ce piston fait une course réelle de 10 centimètres, et que l'arbre qui lui communique le mouvement fasse 80 tours par minute, il y aura 40 mouvements d'ascension de ce piston par minute, et un même nombre de mouvements de descente. La quantité d'eau transmise sous le piston de la presse sera donc égale au produit de la section par la hauteur de la course multiplié par le nombre des mouvements de compression, ce qu'on peut représenter par la formule $V = Shv$, dans laquelle S désigne la surface de section du piston, h la hauteur de course et v la vitesse ou le nombre des mouvements de compression ou de descente.

Dans les conditions indiquées, S étant $0^{mq},00070686$, h égalant $0^{m},10$ et v étant égal à 40, $V = 0^{mc},002,82744$, et le volume d'eau transmis par minute est de 2 litres 82744 ou de 2827 cent. cub. 44.

Soit maintenant le diamètre du piston de la presse égal à $0^{m},30$ par une section de $0^{mq},0706^{cm}86$, le volume de 2827 cent. cub. 44, transmis par la pompe en une minute, fera monter ce piston d'une certaine *hauteur* égale au quotient du *volume* divisé par la *surface*, et l'on aura $H = \frac{V}{S}$ ou $H = \frac{2827,44}{706,86} = 0^{m}04$, en sorte que le piston de la presse s'élèvera de 4 centimètres par minute dans les conditions que nous avons prises pour base et qui représentent la moyenne pratique.

Dans la pratique, on se sert habituellement, ainsi qu'il a été dit, de deux pompes, dont les pistons sont inégaux en diamètre, que l'on fait fonctionner ensemble pendant un certain temps au début de la pression. Le diamètre du piston de la petite

pompe étant de $0^m,03$, on donne à celui de la grande pompe un diamètre de $0^m,045$, ce qui représente une section de $0^{mq},001590435$. Par la formule ci-dessus $V = Shv$, la course et le nombre des mouvements étant les mêmes pour les deux pompes, on trouve que la quantité d'eau transmise par la grande pompe, en une minute, égale $0^{mc},006,36174$, soit 6 litres 36174 ou 6361 cent. cub. 74. Le quotient de ce volume par la surface de section du piston de la presse est égale à $0^m,09$, en sorte que, pendant la durée d'une minute, par 40 mouvements de descente, $0^m,10$ de course et $0^m,045$ de diamètre, la plus grande des deux pompes fait monter le plateau de 9 centimètres.

Il est à peine utile d'ajouter que, pendant le temps employé à faire fonctionner ensemble et collectivement les deux pompes, la hauteur d'ascension en une minute sera égale à $0^m,04 + 0^m,09 = 0^m,13$ centimètres.

Calcul de la durée d'une opération. — Nous avons déjà dit quelques mots sur ce sujet, uniquement dans le but spéculatif de faire apprécier l'avantage des piles élevées à grande section. L'hypothèse d'une seule pompe rend ce calcul applicable aux premiers temps de l'emploi de la presse hydraulique, mais les données actuelles ne sont plus identiques. En principe général, l'ascension du piston de la presse est d'autant plus rapide que, à course égale, la section du piston de la pompe est plus grande. La pression est d'autant plus considérable que cette section est plus petite, l'effort restant le même, et la section du piston de la presse n'étant pas modifiée. On ne peut calculer la durée réelle du travail actuel, par l'emploi de deux pompes, qu'en déterminant la durée pendant laquelle a lieu le double travail et celle, complémentaire, pendant laquelle la petite pompe fonctionne seule.

On a observé, en pratique, la nécessité de débrayer la grande pompe lorsque les 3/4 du mouvement ascensionnel sont atteints. Il s'ensuit que, pour la pile de 80 centimètres, par $0^m,445$ de mouvement ascensionnel total, les deux pompes fonctionneront simultanément jusqu'à ce que le plateau ait atteint une hauteur de 33 à 34 centimètres et que les 10 centimètres 1/2 restants seront obtenus par l'effort de la petite pompe seulement. De même, pour la pile de $1^m,40$, par $0^m,778$ de course

totale, un mouvement de 0^m,584 sera obtenu par l'action simultanée des deux pompes, et il restera 0^m,198 pour l'action de la petite pompe, après le débrayage de la grande.

On aura les résultats suivants dans les deux cas :

1° Pile de 0^m,80 :

Ascension de 0^m,34 par l'effort des deux pompes, à raison de 0^m,12 par minute seulement, temps employé.	2'50"
Ascension de 0^m,105 par l'effort de la petite pompe, à raison de 0^m,04 par minute, temps employé.	2'37"
Temps de la pression maximum.	5' »
Total. . . .	10'27"

2° Pile de 1^m,40 :

Ascension de 0^m,584 par l'effort des deux pompes, à raison de 0^m,12 par minute, temps employé.	4'52"
Ascension de 0^m,198 par l'effort de la petite pompe, à raison de 0^m,04 par minute, temps employé.	4'27"
Temps de la pression maximum.	5' »
Total. . . .	14'19"

Pour ramener ce calcul théorique dans les conditions de la pratique, il paraît nécessaire d'ajouter 5 minutes à chacun des chiffres précédents, afin de tenir compte du temps moyen employé au déchargement, au retour d'eau, à un nettoyage sommaire, etc. On a donc, en définitive :

Pile de 0^m,80 (40 sacs), temps total.	15'27"
Pile de 1^m,40 (70 sacs), *id*..	19'19"

Soit, pour la première, 927 secondes et, pour la seconde, 1159.

Effets produits. — Dans ces conditions, la première de ces piles, à surface égale de 0^m,40 de côté, produit 0^k,1035 par seconde, et la deuxième produit un travail de 0^k,1449 dans l'unité de temps.

Ces chiffres conduisent aux résultats suivants, par jour de 22 heures de travail réel :

Pile de 0^m,80 de hauteur.	8197^k,20
Pile de 1^m,40 de hauteur, à section égale.	11480^k,04

La différence de produit due à la différence de hauteur des piles est donc de 3282^{k},84. Si l'on applique maintenant à cette recherche la donnée qui résulte de l'augmentation de la section indiquée plus haut, on trouve que les piles de 1^{m},40 de haut, par 64 sacs, par 0^{m},70 de côté, et par une charge de 448^{k},35 pressée en 19'19" (= 1159"), fournissent un travail de 0^{k},386^{gr},80 par seconde ou de 30634^{k},56 par jour de 22 heures.

On voit aisément que la différence entre ce calcul et les résultats indiqués plus haut ressortent de l'emploi de la pompe double et de la plus grande rapidité qui en est la conséquence. Avec cette installation, deux grandes presses, par 0^{m},70 de section des piles et 1^{m},40 de hauteur, suffisent très-bien à une fabrication de 50,000 kil. ce qui réalise une économie fort notable dans le premier établissement. Il en ressort, dans tous les cas, une différence de 30 0/0 au moins, sous le rapport de la main-d'œuvre.

Calcul de la pression. — Pour calculer la valeur de la pression exercée sur la pulpe par la presse hydraulique, il convient de se reporter à la formule donnée (p. 92), qui exprime la pression exercée sur le piston de la presse. Cette formule $nm = x$ signifie que le rapport entre les sections du piston de la pompe et du piston de la presse, multiplié par la force appliquée sur le piston de la pompe, donne pour résultat la pression exercée sur le grand piston. Soit donc un diamètre de 0,03 pour le piston de la pompe, répondant à une section de 7^{cq},1686 et un diamètre de 0^{m},30 pour le piston de la presse, répondant à une section de 7^{dq},1686, c'est-à-dire à une surface de section horizontale cent fois plus grande que celle du piston de la pompe, le rapport n sera égal à 100. Si la force appliquée sur le petit piston est égale à 1 atmosphère, c'est-à-dire à 1^{k},033 par centimètre carré, m égalera 7,1686 × 1,033 = 7^{k},4051638, et nm ou x égalera 7^{k},4051538 × 100 = 740^{k},51638. De même, si la force qui agit sur le petit piston est de 100 atmosphères, ou de 103^{k},30 par centimètre carré, c'est-à-dire de 740^{k},51638 pour la section totale, cette force, multipliée par n, ou par 100, dans l'exemple donné, communiquera au piston de la presse une pression de 74051^{k},638.

Il est clair que si le plateau ascenseur de la presse, reposant sur le piston, présentait la même section que ce piston,

s'il n'en était que la continuation, chaque centimètre carré de ce plateau supporterait une pression égale au quotient de 74051^{k},638 divisé par la surface de section exprimé en centimètres, ou par 716^{cc},86. Cette pression serait égale à 103^{k},30 par centimètre carré. Mais comme la pression totale de 74051^{k},638 est disséminée sur le plateau, on trouve que, pour un plateau de 0^{m},50 de côté ou de 2500 centimètres de surface, chaque centimètre carré de ce plateau ne supporte que 74051^{k},638 : 2500 = 29^{k},62.

De même, la pression totale de 74051^{k},638 se transmet à la pile des sacs déposée sur le plateau et elle est répartie sur la section de cette pile. Toutes les autres conditions restant égales, les piles à petits sacs, de 40 centimètres de côté, représentent 1600 centimètres de section. La pression qu'elle supporteront par centimètre carré sera de 74051^{k},638 : 1600 = 46^{k},28. Les piles à grands sacs de 70 centimètres de côté représentent une section de 4900 centimètres, et la pression qu'elles supportent par centimètre carré est de 74051^{k},638 : 4900 = 15^{k},11.

Nous donnons, à titre d'exemple, un tableau indicateur des pressions effectives exercées sur chaque centimètre carré de la section des piles de 0^{m},40 et de 0^{m},70 de côté, pour des pressions de 1 à 200 atmosphères, par un diamètre conventionnel de 0^{m},03 pour le piston de la pompe et de 0^{m},30 pour le piston de la presse.

NOMBRE D'ATMOSPHÈRES.	PRESSION TOTALE sur le piston de la presse.	PRESSION EFFECTUÉE par centimètre carré.	
		SUR LES PILES de $0^m,70$ de côté.	SUR LES PILES de $0^m,40$ de côté.
	k.	k.	k.
1	740,51638	0,4628	0,1511
5	3702,58190	2,3141	0,7556
10	7405,16380	4,6282	1,5112
15	11107,7457	6,9423	2,2668
20	14810,3276	9.2564	3,0225
25	18512,9095	11.5705	3,7781
30	22215,4914	13,8846	4,5337
35	25918,0733	16,1988	5,2894
40	29620,6552	18,5129	6,0450
45	33323,2371	20,8270	6,8006
50	37025,8190	23,1411	7,5562
55	40728,4009	25,4552	8,3119
60	44430,9828	27.7693	9,0675
65	48133,5647	30,0834	9,8231
70	51836,1466	32,3975	10,5788
75	55538,7285	34,7117	11,3344
80	59241,3104	37,0258	12,0900
85	62943,8923	39,3399	12,8456
90	66646,4742	41,6540	13,6013
95	70349,0561	43,9681	14,3569
100	74051,6380	46,2822	15,1125
105	77754,2199	48,5963	15,8682
110	81456,8018	50,9105	16,6238
115	85159,3837	53,2246	17,3794
120	88861,9656	55,5387	18,1350
125	92564,5475	57,8528	18,8907
130	96267,1294	60,1669	19,6463
135	99969,7113	62,4810	20,4019
140	103672,2932	64,7950	21,1578
145	107374,8751	67,1090	21,9132
150	111077,4570	69,4234	22,6688
155	114780,0389	71,7375	23,4244
160	118482.6208	74,0517	24.1801
165	122185,2027	76,3757	24,9357
170	125887,7846	78,6798	25,6913
175	129590,3665	80.9939	26.4470
180	133292,9484	83,3080	27,2026
185	136995,5303	85,6222	27,9582
190	140698,1122	87,9363	28.7139
195	144400,6941	90,2504	29,4695
200	148103,2760	92,5645	30,2251

Il est facile de dresser un tableau analogue pour les circonstances relatives aux pompes et aux presses dont on dispose, puisqu'il suffit de connaître la section des pistons, d'en établir le rapport *n*, et de le multiplier par l'effort *m* pour posséder les éléments de la question. La valeur de *m* est fournie par les

indications d'un manomètre (fig. 105), et il est possible de se rendre compte à chaque instant de l'intensité de la pression exercée sur chaque centimètre carré de la section des piles.

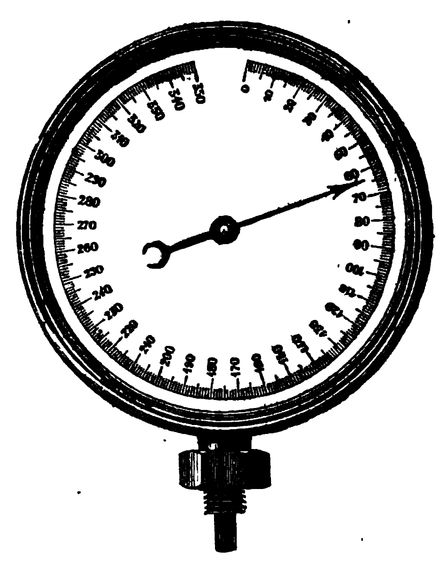


Fig. 105.

Ces indications sont d'une très-grande utilité en pratique manufacturière, mais il ne conviendrait pas, cependant, de se laisser aller à ce préjugé trop répandu par lequel on est porté à regarder le rendement en jus comme proportionnel à la pression. Il n'en est rien, ou, plutôt, l'intensité de la pression n'est qu'un des éléments du résultat. La durée de la pression, la direction méthodique du travail, ont une action très importante sur le résultat définitif, et des expériences très-nombreuses ont démontré qu'il y a un grand intérêt à augmenter la vitesse de la pression au début du travail, jusqu'à ce que les piles soient comprimées de la moitié de leur volume. On ralentit ensuite la marche par un des moyens indiqués plus haut.

En ce qui concerne la durée de la pression, on doit à Walkhoff une expérience très-remarquable, de laquelle il ressort que, dans l'unité de temps, le produit en jus n'est pas en rapport avec l'intensité de la pression. Ainsi, en une durée de 3 minutes, prise pour unité, on a eu les résultats suivants:

Pressions par centimètre carré sur la pile.	Rendements en jus.
3k,4	60 0/0
5k,5	64
27k,5	75
51k,6	80

Ces chiffres sont fort concluants, et si l'on prend la peine de réfléchir, on voit qu'une pression moindre, suffisamment prolongée, donne plus de rendement que des pressions énormes, dirigées avec trop de violence. L'auteur allemand a constaté un rendement de 84 pour 100 par une pression de 35k,26 en 30 minutes.

Avec un effort de 70 atmosphères seulement, sur une pile de 40 centimètres de côté et par les rapports de section mentionnés plus haut, c'est-à-dire par un diamètre de 0m,03 pour le piston de la pompe et de 0m,30 pour celui de la presse, nous avons observé nous-même, en 1868, des résultats assez intéressants relativement à l'influence de la durée de l'action.

Rapport du produit avec la durée de la pression. — Sur 100 parties de pulpe normale, sans eau à la râpe, on a obtenu, en moyenne, par une pression de 32k,3975 au centimètre carré, sur des piles de 0m,48 de côté :

En 5	minutes,	69 p. de jus.		
10	—	74,45	Diff. en plus	5,75 0/0
15	—	78,55	—	3,70
20	—	80,50	—	1,95
15	—	81,45	—	0,95
30	—	82,20	—	0,75

Après une durée de 30 minutes, les résultats cessent d'avoir la moindre valeur, et des observations très-attentives nous ont conduit à penser que la durée pratique doit être bornée à 18 minutes au total, de manière à faire trois pressions par heure avec chaque presse.

Valeur comparative des grandes et des petites presses. — On a vu plus haut, dans les calculs relatifs aux dimensions des piles, que l'avantage pratique demeure aux piles élevées et à grande section. Les petites piles supportent, par centimètre carré, une pression d'autant plus considérable que leur section

se rapproche davantage de celle du piston de la presse ; mais, comme les avantages d'une grande pression n'existent que dans l'imagination de ceux qui en sont partisans, comme il est reconnu que les piles à grande section sont aussi bien pressées dans le même temps que les petites piles, la différence de temps est relative à la hauteur plus ou moins grande, à la valeur de temps du mouvement ascensionnel.

Nous avons vu, tout à l'heure, que les piles de $0^m,80$ de hauteur, par $0^m,40$ de côté et 40 sacs, produisent un travail de $103^{gr},50$ par seconde, et que le travail des piles de $1^m,40$ de haut par $0^m,40$ de côté et 50 sacs est également de $103^{gr},50$. Les piles de $0^m,70$ de côté et de $0^m,80$ de hauteur seulement sont pressées en 15′ 27″, et elles sont formées de 35 sacs, à $7^k,35$ l'un, ce qui donne un total de $257^k,25$ et un travail réel de $277^{gr},50$ par seconde, ou 2197 kil. par jour de 22 heures.

Une pile de $0^m,70$ de côté et de $1^m,40$ de hauteur serait pressée en 19′ 19″ et, par 50 sacs de $7^k,35$, elle contient $367^k,50$ de pulpe. Le résultat est de $317^{gr},08$ par seconde et de $25,112^k,736$ par jour de 22 heures.

En réunissant les données de la page 516 avec les chiffres complémentaires qui viennent d'être établis, on se trouve en présence des résultats numériques suivants :

FORMATION DES PILES.	QUANTITÉ DE PULPE		DURÉE de la pression.	TRAVAIL	
	par sac.	par pile.		par seconde.	en 22 heures.
A. Pile de 40 sacs de $0^m,40$ de côté, par $0^m,80$ de hauteur.	$2^k,4$	$96^k,0$	15′ 27″	$0^k,1035$	$8197^k,20$
B. Pile de 50 sacs de $0^m,40$ de côté, par $1^m,10$ de hauteur.	$2^k,4$	$120^k,0$	16′ 35″	$0^k,1205$	$9551^k,52$
C. Pile de 70 sacs de $0^m,40$ de côté, par $1^m,40$ de hauteur.	$2^k,4$	$168^k,0$	19′ 19″	$0^k,14495$	$11480^k,04$
D. Pile de 35 sacs de $0^m,70$ de côté, par $0^m,80$ de hauteur.	$7^k,35$	$257^k,25$	15′ 27″	$0^k,2775$	$21978^k,00$
E. Pile de 48 sacs de $0^m,70$ de côté, par $1^m,10$ de hauteur.	$7^k,35$	$352^k,80$	16′ 35″	$0^k,3545$	$28076^k,40$
F. Pile de 61 sacs de $0^m,70$ de côté, par $1^m,40$ de hauteur.	$7^k,35$	$448^k,35$	19′ 19″	$0^k,3868$	$30634^k,56$

Il nous semble que ces données, basées sur des prémisses identiques et pour lesquelles il n'a pas été tenu compte de la pression préparatoire et d'autres circonstances qui peuvent

encore améliorer les résultats, permettent de conclure en faveur de la presse à grand plateau et à sommier élevé, sans qu'il soit utile de pousser plus loin les calculs d'appréciation.

Produit en jus, relativement à la nature des pulpes et à la densité du jus. — Les pulpes fournissent d'autant plus de jus qu'elles sont plus finement divisées. Ceci est admis sans contestation par tous les spécialistes aussi bien que par la fabrication. Quelques dents de plus à la râpe par décimètre de l'axe, un léger redressement du plan d'alimentation, moins de proéminence des dents, ces diverses circonstances suffisent pour augmenter le rendement d'une fraction très-appréciable.

En général, plus un jus est visqueux et dense et plus le rendement est diminué. Cette proposition tombe également sous le sens, bien que l'on ne puisse compter sur les chiffres donnés à ce sujet.

Le rendement varie, d'année en année, avec le même outillage, selon la plus grande ténacité ou la moindre adhérence des tissus végétaux.

C'est à cette raison qu'il convient d'attribuer en partie les effets utiles de l'addition d'eau à la râpe, pourvu qu'on ne dépasse pas une limite raisonnable de 20 à 25 0/0. Nous ne relèverons donc pas les objections soulevées à ce sujet, car toute l'habileté consiste à ne pas outrer les proportions d'eau employées. La faible augmentation de dépense en combustible qui en résulte est largement compensée par le fait d'une extraction plus complète du jus libre.

Produit de la pression. — En évaluant à 4 0/0 le chiffre des matières insolubles contenues dans la betterave, on trouve que l'épuisement absolu devrait fournir 96 parties de jus sur 100 parties de racines. Or, la meilleure pression ne rend pas plus de 80 0/0, lorsqu'on ne fait qu'une seule opération, ce qui est le cas de la plupart des fabriques. Il y a donc, de ce chef, 16 parties de jus normal qui restent dans les pulpes ; c'est dire qu'*un sixième* du jus réel, *un sixième* du sucre, reste dans la pulpe, malgré toute la puissance de la presse hydraulique. Il y a là une perte, pour la fabrique, de 16,67 sur 100 parties de jus existant dans la plante.

En portant le calcul seulement sur des racines de richesse moyenne, à 10 0/0 de sucre, on voit qu'une fabrique ordinaire,

traitant 50,000 kilog de betteraves par jour, perd, dans ce même temps, 833k,50 de sucre, 8 sacs 1/3, qui restent dans les pulpes, et qui n'auraient pas coûté un centime de plus, sauf pour l'évaporation, dans le cas d'une extraction complète. Cette perte est de 83,350 kil. de sucre pour une campagne de 100 jours. Avons-nous besoin d'insister sur la nécessité absolue où le fabricant se trouve placé d'employer tous les moyens utiles pour obtenir l'extraction complète du jus sucré? Nous ne le pensons pas, et il semble que cet aperçu, dans la brutale simplicité de ces chiffres, doive être regardé comme l'arrêt des systèmes qui emploient la presse, ou, du moins, qui n'en complètent pas l'action par un travail complétementaire.

Tous les procédés qui tendent à enlever à la pulpe une portion notable du jus qu'elle retient encore sont dignes de toute l'attention du fabricant: *un de jus de plus sur cent*, par une richesse moyenne de 10 0/0, représente *un kilogramme de sucre de plus* par mille kil. de racines traitées, et ce chiffre, multiplié par le nombre qui représente le travail journalier, conduit à des résultats dont on ne peut contester l'importance.

Épuisement des tourteaux pressés. — Dans le but de retirer de la pulpe une portion au moins du jus engagé, on a proposé divers modes de traitement des pulpes pressées. La *pression complémentaire*, une seconde pression, devait frapper d'abord l'esprit.

On a commencé par opérer une pression préparatoire à l'aide d'une presse à vis, puis une pression normale à la presse hydraulique. Cette méthode procure de l'économie, en ce sens qu'elle permet d'augmenter le nombre des sacs de chaque pile. Elle facilite en outre l'expression. Le rendement effectif ne paraît pas, cependant, être amélioré d'une façon notable.

A côté de cette manière de procéder, on a essayé de tremper les sacs dans l'eau avant de les soumettre à une seconde pression. Disons tout de suite que les gâteaux de pulpe sont assez rebelles à l'imbibition, en sorte que les sacs se pénètrent d'eau sans que la pulpe en ait absorbé une proportion suffisante. La seconde pression, opérée dans de telles conditions, fournit de l'eau, ou à peu près. Si, au contraire, on laisse le temps à la pulpe de s'imbiber; on la pénètre d'une si grande quantité d'eau, que les frais d'évaporation ne sont plus compensés.

Si la pulpe est divisée, elle s'imprègne d'eau presque instantanément, mais il ne semble pas que le résultat soit beaucoup meilleur, et il conviendrait d'opérer une lévigation et une macération méthodiques de la pulpe. C'est ce que Walkhoff a cherché à produire à l'aide d'un appareil de son invention, et nous avons appliqué nous-même, dans ce but, l'action de notre appareil extracteur.

Ces deux méthodes seront examinées en détail dans le prochain chapitre.

La lévigation suffirait à enlever le sucre libre, mais la macération seule peut enlever à la pulpe le sucre renfermé dans les cellules closes.

C'est donc à la macération des pulpes pressées qu'il convient de s'adresser pour retirer le *sixième* du jus qui est demeuré dans les tourteaux. Pour cela, la pulpe doit être divisée et l'opération doit être conduite de façon à ne pas obtenir des jus trop faibles. La proportion de 12 à 16 0/0 qui reste dans la pulpe indique un chiffre d'eau dont il est facile de se rendre compte.

Cent parties de pulpe devraient ne laisser que 4 parties de résidus. Il en reste 20 en moyenne. Ces 20 parties sont composées de :

Matières insolubles	4	= 0/0	20,0
Matières solubles	1,6	=	8,0
Eau	14,4	=	72,0
	20,0		100,0

Si l'on veut réussir dans un traitement de ce genre et obtenir des jus d'une densité convenable, on ne doit pas, conformément aux principes de la macération, employer plus de 72 kilogrammes d'eau pour 100 kilogrammes de tourteaux pressés, divisés. Avec cette précaution, le résultat théorique est atteint avec une rare précision : 1,000 kilogrammes de tourteaux divisés, parvenus à la sortie de l'appareil, retiennent à peine autant d'eau qu'à leur entrée et ont abandonné 78 à 80 kilogrammes de matières solubles. Les liquides enrichis, qui coulent à l'autre extrémité, offrent une densité égale à celle du jus normal, et l'opération bien conduite se fait avec une continuité remarquable. Il suffit de deux appareils pour traiter les pulpes de 100,000 kilogrammes de racines.

Il y a, dans cet épuisement des pulpes, une question des plus graves. Il ne s'agit de rien moins que de *conquérir*, par le minimum de frais, une quantité de sucre égale au sixième de la production agricole ou au cinquième de la fabrication. Cette étude appelle l'attention de tous les fabricants et elle touche à un de leurs intérêts les mieux définis [1].

Nettoyage des sacs. — Une des causes qui influent sur le rendement des presses et qui tendent à le diminuer notablement consiste dans l'emploi de sacs mal entretenus, sales, imbibés de sucs altérés. De l'avis de tous les hommes compétents, le nettoyage des sacs à pulpe est une opération essentielle, qui doit se faire avec le plus grand soin et très-fréquemment. On peut, cependant, ne procéder à ce lavage qu'une fois par vingt-quatre heures, si l'on a la précaution de les immerger, après chaque opération, dans une infusion chaude de tan, préparée à 0,5 0/0 environ. Cette pratique ne peut nuire en rien à la qualité des jus, qu'elle contribue, au contraire, à améliorer, et nous avons constaté qu'elle s'oppose efficacement aux altérations dues à la fermentescibilité des liquides, en rendant insolubles les matières albuminoïdes qui imprègnent les tissus et qui sont la cause la plus active des dégénérescences que l'on observe trop souvent.

Les sacs se nettoient à la main ou à l'aide d'une machine à fouler bien connue. Cet engin économise une bonne partie de la dépense. Nous ne sommes pas partisan de l'emploi de la soude, de la chaux, ni de la potasse, dans l'eau de lavage, parce que cette pratique est nuisible au tissu des sacs, et que les alcalis en attaquent la substance. Les eaux ammoniacales faibles, à 0,5 ou 1 0/0, sont préférables. Un lavage, avec la dissolution de phosphate de chaux, affaiblie au centième, produit de bons effets. Il en est de même de celle de sulfate d'alumine, et les sacs lavés doivent être rincés à l'eau pure avec beaucoup d'attention. On les fait ensuite sécher avant de les employer à nouveau.

Dans la pratique ordinaire, les sacs sont renouvelés à la presse quatre fois par vingt-quatre heures, et l'usure est évaluée entre vingt et vingt-deux sacs par 100,000 kilogrammes

1. V. plus loin, ch. III, *Procédés particuliers relatifs à l'extraction du jus.*

de racines. Le tannage réalise sur ce chiffre une économie d'environ la moitié, en sorte que l'usure se restreint à dix ou douze sacs par 100,000 kilogrammes de betteraves. Nous ferons observer, en terminant ces observations, que l'on use d'autant moins de sacs que l'on évite les manipulations inutiles. Il en résulte que le chargement des piles en bloc n'est pas seulement économique par rapport à la main-d'œuvre, mais encore sous le rapport de la destruction des sacs et que cette marche doit être préférée au chargement habituel.

Des presses continues. — Pour éviter des répétitions fastidieuses et, aussi, afin de ne pas entraver la marche de ce travail par la description d'appareils ou de méthodes dont la valeur est, souvent, fort contestable, nous renvoyons au prochain chapitre ce que nous avons à dire sur les presses continues, dont l'usage n'est pas encore sanctionné par la pratique pour l'extraction du jus.

Nous avons déjà indiqué en quelques mots le seul emploi sérieux de ces machines, lequel consiste dans un assèchement relatif des pulpes macérées, ou, encore, des pulpes pressées, lévigées et lavées, dans le but de les épuiser plus complétement.

Cela est fort compréhensible. On fait agir, dans cette circonstance, des engins qui n'enlèvent guère plus de 55 à 70 0/0 du liquide contenu dans la matière. Ce qui donnerait une perte de 96 — 70 = 26 0/0 en *jus normal*, si l'on agissait sur les pulpes ordinaires, ne conduit plus qu'à une perte insignifiante lorsque l'on opère sur des pulpes macérées. Les 26 0/0 de perte, dans le premier cas, répondent à 2,71 de perte en sucre 0/0, tandis que, dans le second, ils ne représentent que 0,0156 0/0 en moyenne.

Que l'on emploie donc les presses continues pour l'assèchement des pulpes macérées ou lévigées, afin de leur enlever un excès de liquide pauvre qui peut encore rentrer dans le travail, et de les rendre plus propres à la nourriture du bétail et plus conservables, rien de mieux, sans doute; mais que l'on ne songe pas à employer ces engins pour l'extraction directe, malgré les promesses faites par les inventeurs. Le seul moyen d'utiliser ces machines consiste à les faire servir d'agents complémentaires. Nous aurons à dire un mot de la presse Cham-

ponnois, qui ne justifie guère les promesses de la réclame, pas plus que les autres machines de ce groupe.

Extraction du jus par la turbine. — Cette méthode d'extraction du jus est essentiellement allemande, et nous ne croyons pas qu'elle ait fait jusqu'à présent beaucoup de prosélytes parmi les fabricants français, malgré les éloges de certains publicistes. On a vu (p. 94 et suiv.) que les résultats du turbinage des pulpes ne valent pas ceux de la presse, lorsqu'on agit sur la pulpe normale, puisque, dans cette circonstance, le rendement en jus n'est que de 65 0/0 au plus. Cette action, fort peu satisfaisante, se complète par une lévigation, une sorte de purge forcée, au moyen de 50 0/0 d'eau et, même avec cette addition, on ne dépasse pas les résultats de la presse.

La figure 106 représente la turbine employée en Allemagne pour l'extraction des jus par la force centrifuge.

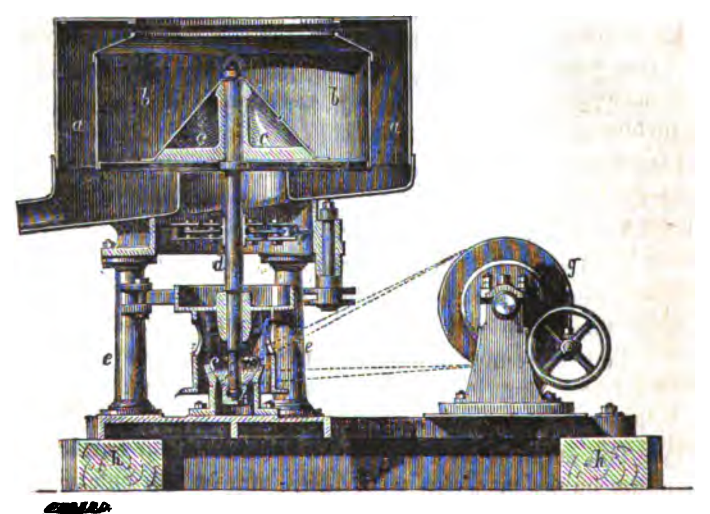


Fig. 106.

Comme on peut le voir dans le dessin, cette machine reçoit le mouvement en dessous par une courroie commandée par la poulie *g*. C'est le contraire de la construction française. Au-dessous du tambour, on a adapté une garniture formée de charnières métalliques et de caoutchouc, de façon à permettre

au système, tournant sur une crapaudine, par l'extrémité inférieure de l'arbre vertical, de prendre son centre de gravité selon les sollicitations de la charge. Les Allemands s'applaudissent beaucoup de cette disposition à laquelle il est bien difficile d'accorder autant d'intérêt. Les oscillations du tambour paraissent être dues plutôt à cette circonstance que l'arbre n'est pas maintenu par un palier supérieur et que la charge ne peut se répartir uniformément. Cette machine, ainsi construite, prend son équilibre à la façon de la toupie des enfants, mais il nous semble que le prolongement de l'axe et le maintien de ce prolongement évitent ces oscillations en obligeant la matière à se distribuer moins irrégulièrement. Dans tous les cas, la turbine française est moins exposée à des accidents graves, et la disposition en est plus solide.

On donne au tambour *b* intérieur de la turbine à pulpe 1 mètre de diamètre et $0^m,40$ de hauteur de paroi. La charge moyenne est de 100 kil., et il faut 20 minutes pour une opération.

Le résultat définitif est donc de 6,600 kil. pour 22 heures, et il faut 9 turbines pour un travail de 50,000 kil. par jour.

Nous avons démontré les erreurs des partisans allemands de la turbine (p. 96 et 97) en faisant voir que leur appréciation est fausse quant à l'action même de la force centrifuge, en ce sens que l'évaluation qu'ils en donnent est neuf à dix fois plus élevée que la réalité. Il reste à établir, par des détails suffisants, la valeur réelle du turbinage des pulpes. Nous emprunterons les données de cette appréciation au livre intéressant de Valkhoff, qui ne nous paraît pas être fort enthousiaste de cette pratique et qui a cherché, cependant, à rester dans la plus grande impartialité.

L'auteur dont nous parlons, en vérifiant la vitesse d'accélération des turbines, a trouvé :

Pour la 1re minute,		100	tours du tambour;
2^e	—	250	—
3^e	—	550	—
4^e	—	725	—
5^e	—	850	—
6^e	—	950 à 1,000	tours du tambour.

Nous rapprochons de cette vérification expérimentale une

autre expérience rapportée un peu plus loin (*Rübenzuckerfabrikant*, p. 245) : « La plus grande partie du jus est extraite pendant la première minute du turbinage; dans les périodes suivantes, le produit en jus est infiniment plus petit [1]. » On trouve :

Pendant la 1re minute,	40,45	de jus 0/0.	
2e —	8,5	—	
3e —	5,2	—	
4e —	2,75	—	
5e —	2,1	—	
Total	59,00	de jus 0/0 =	59,00

On obtient ensuite :

De la 5e à la 10e minute,	5,7	de jus 0/0.	
10e à la 14e —	0,3	—	6,00
Total en 14 minutes :			65 de jus 0/0

Valkhoff conclut avec justesse que le turbinage est inférieur à la pression hydraulique, et il en voit le côté essentiel dans le déplacement du jus par l'eau dont l'action est facilitée par la force centrifuge. Avant de nous occuper de ce point, nous ferons observer que le produit en jus est séparé presque en totalité pendant le temps de la moindre vitesse, et que ce produit en jus diminue à mesure que la vitesse augmente, ce qui infirme totalement les calculs établis sur la force de pression fantaisiste dont il a été question.

A l'appui de la pratique du déplacement par la turbine, Walkhoff cite une série d'expériences de Zlienkhoff, dont la moyenne donne les résultats suivants :

200 livres de pulpe additionnées, à la turbine, de 45 0/0 d'eau de déplacement, après la cinquième minute, ont fourni :

De 1 à 5 minutes	58,5 de jus %	sans eau.	
De 5 à 10 minutes	27,6 —	et 25,25	d'eau %.
De 10 à 15 minutes	1,35 —	et 3,75	—
Totaux...	87,45 de jus %	29,00	d'eau %.

La conclusion de ceci est facile à déduire, avant d'aller plus

1. « Der grösste Theil des Saftes wird gleich in der ersten Minute der Drehung ausgeschleudert; in den folgenden Stadien ist die Saftausbeute ungleich geringer... » (W. *loc. cit.*).

loin. Le jus normal de la pulpe était à 7°,9 B., soit à 1057,91 de densité; on retira de la pulpe traitée 116k,45 de jus affaibli, formé de 82lit,66 de jus et de 29 litres d'eau, soit en tout 111lit,06 d'une densité de 1048,53 ou de 6°,68 B...

Il est resté dans la pulpe 96-87, 45 = 8k,55 de jus normal à 7°,9 B., ou 1057,91 de densité, plus 16 kil. d'eau, en tout 24k,55 de jus faible, d'un volume de 24l,08.

La situation est celle-ci :

1° Par une opération qui a duré 15 minutes, et à la durée de laquelle il faut ajouter au moins 5 minutes, pour la manœuvre, soit 20 minutes en tout, on a traité 100 kil. de pulpe, ce qui donne un travail de 0k,083gr,34 par seconde, lequel est plus faible que le minimum des petites presses par des piles de 0m,40 de côté et ne répond qu'à 6600k,528 par jour de 22 heures.

2° Ce travail a bénéficié de 7k,45 de jus normal et n'en a laissé que 8k,55 dans la pulpe, au lieu de 16 kil. La perte en jus est donc réduite de près de moitié.

3° Ce gain est obtenu à un prix qu'il convient d'examiner.

Comparativement aux petites piles (p. 518), la différence de travail en moins est de 8197, 20 — 6600, 528 = 1596k,672, ce qui représente la perte d'un quart de jour de la turbine, et l'on a à évaporer 29 kil. d'eau en plus.

Or, les 7k,45 de jus normal à 7°,9 B. dont on a bénéficié, représentent, *au plus*, 1 kilogramme de matière soluble brute, soit 66 kil. pour la journée, et ces 66 kil. doivent être mis en regard d'une perte de travail de 25 0/0 ou de 1596k,47 et de la vaporisation à produire de 29k × 66 = 1914 kilogrammes, et nous demandons au fabricant de bonne foi si le gain compense la perte. Au point de vue de la vaporisation seulement, on a 1914 × 617 (637 — 20 T. init.) = 1180938 calories à dépenser, c'est-à-dire environ 275 kil. de combustible, valant au moins, à 28 fr., 7 fr. 70, et il reste à estimer la perte d'un quart de jour en valeur argent, ce qui ressort d'éléments trop complexes pour que nous nous occupions maintenant des détails qui sont relatifs à cette appréciation. Nous dirons seulement que l'on aurait pu faire par l'extraction à la petite presse, à 80 0/0 de production, 1277 kil. de jus normal de plus, dans le même temps, que ce jus aurait produit, à 11 0/0 de masse cuite, 1 hectolitre ou 140 kil. 47 de masse, c'est-à-dire

97 kil. 22 de sucre et 32 kil. de mélasse, lorsque la turbine ne produit qu'un bénéfice de 745 × 66 = 491k,70 de jus, soit 54 kil. de masse, au prix de 7,70 de charbon.

La situation revient à ceci : la turbine nous a fait gagner 37k,40 de sucre par 54 de masse cuite, mais elle a diminué notre fabrication de 97k,22 de sucre, par 140,47 de masse, et nous a fait dépenser 7f,70 de combustible en plus, sans compter le reste. La question ainsi posée devient d'autant plus facile à résoudre qu'elle se trouve débarrassée de phrases. Y a-t-il plus d'intérêt à faire un sac de sucre de plus que d'en gagner 37 kil. en dépensant 7f,70 au moins ? Tout le problème est là. C'est aux fabricants à en donner la solution.

Il a été constaté que la couche extérieure s'épuise moins de ses matières solubles que la couche intérieure ; ce fait est très-normal, et Walkhoff rapporte des données expérimentales qui en font voir la portée.

QUANTITÉ D'EAU ajoutée.	RICHESSE SACCHARINE DU JUS	
	de la couche intérieure.	de la couche extérieure.
30 %	2 %	3,12 %
40	1,74	1,94
50	1,16	1,71

Par une addition d'eau constante de 50 0/0, avec des charges et une durée de rotation variables, on a trouvé :

QUANTITÉ de pulpe.	DURÉE du turbinage.	RICHESSE SACCHARINE des jus du résidu.
50kil.	16 minutes.	2,76 %
75	18	2,11
100	28	2,6
125	33	2,2
150	36	1,97
175	40	1,69

Il résulte, d'une autre expérience du même auteur, que c

traitement de 150 kil. de pulpe avec addition de 40 0/0 d'eau a donné :

En 20	minutes,	35,1 °/o de résidu,	à	2,1 °/o	de richesse.
25	—	31,2	—	1,85	—
30	—	29,0	—	1,53	—
40	—	28,9	—	1,38	—

Ainsi, de la pulpe, renfermant 96 de jus, additionnée de 40 kil. d'eau, a donné un rendement de 111k,1 de jus mixte; il est resté dans la pulpe 24k,9 de ce même jus mixte contenant 1,38 0/0 de sucre après quarante minutes, c'est-à-dire 343gr,62. Il y a eu appauvrissement incontestable, et personne ne songe à le nier; mais ce résultat ne paraît pas être obtenu économiquement, lorsqu'on le compare à celui que l'on obtient avec de simples appareils de déplacement. Ainsi une hélice de 3 mètres de longueur sur 0m,40 de diamètre de l'enveloppe, épuise automatiquement en une heure 500 kil. de pulpe sans affaiblir notablement la densité normale du jus, et la pulpe épuisée sortant des cylindres est réduite à 10 0/0 du poids de la masse, par une richesse 0,4 0/0, en sorte que les 11 0/0 de jus restés dans la pulpe ne contiennent plus que 44 grammes de sucre, ce qui est insignifiant. Un lévigateur bien fait procure des résultats plus ou moins approchés de ceux qui viennent d'être mentionnés, en sorte qu'il est impossible de voir dans la turbine un bon instrument de déplacement pour la pulpe.

Il faudrait agir toujours sur une couche très-épaisse et ajouter environ 80 0/0 d'eau pour être dans des conditions normales quant à l'extraction. Cette addition d'eau devrait se faire en 7 ou 8 fois, et l'action devrait être prolongée pendant une heure. Or, tout cela est inacceptable et constitue une impossibilité industrielle.

Walkhoff pense qu'un côté désavantageux du procédé d'extraction du jus par la turbine consiste en ce que cette extraction dépend principalement de l'aptitude individuelle et de l'attention scrupuleuse de l'ouvrier qui sert l'instrument et qui doit accomplir le déplacement par l'eau [1]. Nous partageons entièrement son avis sous ce rapport, et l'on peut si peu comp-

1. Immerhin bleibt es eine Schattenseite des Centrifugalverfahrens, dass die Saftgewinnung zu sehr von der individuellen Befähigung und Zuverlässigkeit des Arbeiters abhängt, der die Centrifuge zu bedienen und das Decken zu verrichten hat (W. *Loc cit.*, p. 252).

ter, en général, sur l'attention et la fidélité de l'ouvrier, que les actions automatiques sont toujours préférables. Si l'on ajoute à cela l'affaiblissement du jus, un épuisement incomplet, une production considérable de mousses, l'encrassement rapide des toiles métalliques qui sont promptement obstruées par une couche solide et adhérente de pulpe très-divisée, ce qui s'oppose au passage facile du jus[1], on comprendra que cette méthode ne se recommande par aucun avantage sérieux au choix de la fabrication.

L'étude ultérieure des dépenses d'établissement et de travail viendra compléter cet examen rapide dont le résultat nous semble favorable à l'extraction par les presses, à défaut d'une méthode plus rationnelle et plus avantageuse.

Extraction du jus par déplacement. — Par cette expression, comprise dans le sens le plus technique, nous entendons l'action par laquelle on chasse la séve sucrée libre des matières sucrées en y substituant de l'eau. Cette opération n'est pratiquée nulle part aujourd'hui en grand, sauf par le turbinage, dans certaines fabriques allemandes, et tous les systèmes qui paraissent se rapprocher de cette méthode joignent la macération, au moins partielle, à la lévigation.

Cette manière de faire est, d'ailleurs, plus réellement technique et plus rationnelle; car, si, malgré toute la force employée par les presses hydrauliques ou d'autres engins de ce genre, il est absolument impossible d'extraire, même la totalité du jus libre et, à plus forte raison, le jus qui est renfermé dans les cellules closes, on comprend que le lavage rapide, que la lévigation ne puisse pas agir davantage sur les cellules entières, bien que ce travail procure une meilleure extraction du jus libre.

Une partie des appareils de macération doit rentrer dans le groupe des appareils à déplacement. C'est ainsi que deux machines, proposées par Walkhoff, sont à la fois des engins de déplacement et des appareils de lévigation. Nous aurons à les examiner, ainsi que d'autres qui ont été conseillés dans le même but.

1. Die Siebmaschen verstopfen sich bald durch eine fest anhaftende Träberschicht und lassen dann den Saft schwer durch... (W. *Loc. cit.*, p. 253).

La lévigation seule ne pourrait avoir d'effet complet que si on la faisait agir sur la matière très-divisée, dont toutes les cellules seraient ouvertes. La solution de ce problème paraît être inaccessible, au moins d'une manière économique, à nos moyens matériels d'action, et il faut en prendre son parti, malgré les espérances de quelques chercheurs, dont les conceptions ne semblent pas près de se réaliser.

En fait, tout appareil de macération opère le déplacement, en même temps qu'il produit l'extraction du liquide des cellules closes; les deux méthodes se trouvent donc aujourd'hui comprises en une seule, dont il va être question dans un instant. La seule chose qu'il convienne d'attribuer à la méthode de déplacement paraît être le traitement des pulpes pressées, qui contiennent encore de 12 à 16 0/0 de jus, dont une partie est libre, et qu'un lavage suffit à extraire. Il en a été parlé plus haut d'une manière suffisante et il ne semble pas qu'il soit utile d'insister sur ce point, en ce moment, puisque le procédé de Walkhoff pour l'épuisement des pulpes et l'emploi de notre appareil d'extraction doivent faire l'objet d'un examen plus détaillé.

Extraction du jus par macération. — Les méthodes de macération ne semblent pas être entrées dans la pratique générale de la sucrerie. Cette situation tient à différentes causes qu'il sera bon d'examiner rapidement.

On connaît plusieurs de ces méthodes qui présentent, toutes, leurs avantages et leurs inconvénients: 1° La *méthode de Mathieu de Dombasle*, la plus ancienne, ne serait peut-être pas applicable à la grande industrie; 2° La *méthode de Schützenbach*, qui est le complément obligé de la dessiccation des cossettes, a été l'objet de critiques et de louanges passionnées, qui s'écartent autant de la vérité les unes que les autres; 3° La *méthode de Robert*, connue sous le nom de *procédé de diffusion*, par un de ces abus de langage familiers aux Allemands, n'est autre chose que la méthode ordinaire de macération, la méthode française, pour laquelle l'inventeur a cru devoir créer une appellation et construire des appareils fort coûteux, qui répondent peu au but économique proposé. Cette méthode a suscité des débats violents, qui ne semblent pas avoir fait faire un pas à la question; 4° La *méthode Basset*, qui est la méthode de

tout le monde, basée sur les principes de Dombasle, et l'expérimentation des faits de la sucrerie moderne. Cette méthode ne semble complète que par l'adjonction d'une marche générale plus rationnelle de la fabrication, dont les bases ont été exposées en divers endroits de ce livre, et par l'adoption d'un outillage plus simple. Bien qu'elle puisse s'appliquer avec succès à la grande fabrication, elle a eu plus spécialement en vue la sucrerie agricole; la *méthode* dite de *Wilkinson et Possez,* sur laquelle il est bon d'appeler l'attention de la fabrication, afin de faire voir un exemple de la désinvolture avec laquelle on peut *préparer* un procédé à soi à l'aide de lambeaux des procédés d'autrui[1]. On pourra, d'ailleurs, constater la même facilité et le même dégagement d'habitudes, dans l'étude de la *méthode Périer, Possoz et Cail,* dont il sera question en temps opportun.

Il ne sera pas inutile d'adjoindre à ces méthodes ce qui est resté des transformations connues sous le nom de *procédé Champonnois,* dont la sucrerie agricole pourrait tirer parti dans certaines circonstances.

Quoi qu'il en soit, l'étude de ces méthodes sera renvoyée au chapitre suivant dans lequel nous nous occupons de la description de divers procédés particuliers, applicables à différentes phases de la fabrication. Il ne s'agit ici que de quelques questions générales dont l'examen ne peut être retardé, et qu'il serait, d'ailleurs, inopportun de discuter dans une étude de procédés spéciaux.

Pourquoi la macération n'est-elle pas adoptée en France?

Cette question est fort grave, surtout lorsque l'on veut la traiter avec l'impartialité qu'elle comporte. Si la macération donne des résultats incontestables, supérieurs à ceux de la presse, si l'expérience a déjà prononcé en sa faveur, si elle donne plus de produits, si elle coûte moins d'établissement, si l'entretien est moins onéreux, si le travail est plus facile, pourquoi ne pas l'adopter franchement et nettement par un système ou par un autre?

En fait, la réponse est facile, autant qu'elle est embarrassante dans la forme.

En sucrerie, il y a trois puissances : le chaudronnier, le contre-maître, le fabricant. Le produit de ces trois facteurs dé-

1. Unus et alter Assuitur pannus...

passe tout ce qu'on peut rêver et arrive souvent à l'incommensurable. On va pouvoir en juger par une série de raisonnements, basés sur des faits dont nous avons été témoin en différentes circonstances.

1° L'intérêt du chaudronnier est de vendre beaucoup d'outillage. Les engins les plus grands, les plus chers et les plus compliqués sont ceux qui lui conviennent le mieux. Tout le monde admettra, sans peine, qu'il ne peut favoriser aucun système de simplification, à moins qu'il n'en soit personnellement l'auteur. Comment, en effet, pourrait-on penser à lui faire abandonner des installations qui coûtent sept cent mille francs, un million, ou davantage, sur lesquelles il a un bénéfice moyen de 40 à 45 0/0, pour l'engager à adopter des méthodes par lesquelles le matériel ne représenterait plus que le quart ou la moitié de ces chiffres? Cela est impossible, et si l'on peut demander à un chaudronnier de bien exécuter les appareils qu'il construit, on ne saurait en conscience exiger de lui qu'il sacrifie des bénéfices énormes, certains, dans l'intérêt de la sucrerie. Il est bien tranquille à ce sujet. Pourvu qu'il ait construit beaucoup d'appareils à la mode, mis le plus souvent en vogue par une publicité à ses gages, il s'enrichira aux dépens du sucre et il passera pour le bienfaiteur de la sucrerie, pour l'auteur des progrès de la fabrication. Il pourra être grossier, brutal, ignorant, tout à son aise; les millions lui attireront les respects de gens qui n'eussent pas consenti à le connaître, sans le prestige de ces millions. C'est ainsi, et la conscience la plus honnête a beau se révolter, cette irritation stérile ne conduit à rien. Non-seulement notre chaudronnier ne fera rien pour favoriser la simplification de l'outillage, ce qui est tout naturel; mais encore, malgré une ignorance profonde, blindée de vanité et d'outrecuidance, il tranchera la question et la fera trancher par ses complaisants. Le veau d'or en a toujours. Toute méthode qui tend à diminuer les sommes fabuleuses que la sucrerie engloutit dans le goufre de la chaudronnerie, toute invention de simplification sera déclarée mauvaise, nuisible même, par ce danseur qui veut enseigner les mathématiques. Et ce professeur d'un nouveau genre sera écouté. On suivra ses avis avec d'autant plus de zèle qu'il accorde terme et délai pour le payement des machines qu'il fournit...

Un homme qui est riche, qui fait crédit, ne peut pas ne rien

savoir; il sait tout, l'orthographe et la sucrerie; ses dessinateurs, devenus ingénieurs, savent tout; les journalistes qui le prônent savent tout, et l'on s'incline devant cette omniscience. On fait construire les grands appareils surtout, ce qui est le point important.

Tout cela s'enchaîne. D'ailleurs, beaucoup lui doivent. Il faut ménager le créancier, qui pourrait devenir exigeant. Il y a souvent d'autres raisons encore, que le lecteur devinera aisément, pour peu qu'il ait suivi la sucrerie. Le gros chaudronnier a des influences, et la fabrication a trop souvent besoin de les ménager.

Nous venons de tracer une page d'histoire que l'on pourrait compléter par une douzaine de noms en Europe, et personne, parmi les fabricants sérieux, ne songera à nous contredire.

La conséquence de ceci, en France, et dans les colonies françaises, est que la simplification est ajournée, que les meilleures mesures sont repoussées par ceux-là même qui auraient le plus pressant besoin de les mettre en pratique.

Le chaudronnier, constructeur d'appareils de sucrerie, est l'ennemi naturel de tout ce qui tend à économiser l'outillage. Il est, *nécessairement*, l'adversaire de la macération.

2° La seconde puissance avec laquelle les chercheurs de progrès ont à compter en sucrerie est le contre-maître. Par économie ou pour d'autres raisons, on choisit peu. Il suffit qu'un ouvrier sucrier sache la manœuvre d'un outillage donné, surtout d'un appareil à cuire dans le vide, qu'il ait un peu de métier, pour qu'il aspire à un poste de contre-maître. S'il possède une vague idée des procédés modernes, s'il peut surveiller la marche d'une carbonatation trouble, par exemple, la situation de contre-maître sera au-dessous de ses mérites. Il doit être directeur. Et cet homme, inhabile à conduire intelligemment les bœufs au pâturage, sachant à peine lire et écrire, juste ce qu'il en faut pour tenir quelques notes, va se permettre de trancher sur tout ce qu'il ignore. Lui aussi, comme le chaudronnier, sait tout.

La vérité est qu'il faut des mois, ou des années, pour faire pénétrer une idée dans son esprit; que toute sa science de la sucrerie se borne à un peu de routine, qu'il perd la tête au moindre embarras et qu'il appartient au groupe de ceux qui déclarent que *le sucre veut* ou ne veut pas se laisser travailler.

Ce n'est pas à celui-là qu'il faut parler de progrès, de simplification. Il ameuterait toute une usine plutôt que de consentir à un changement qui modifierait ses habitudes et le forcerait à apprendre ce qu'il ne sait pas. Si la méthode proposée se pratiquait seule, automatiquement, et si elle doublait les gages du contre-maître, elle pourrait avoir du bon; mais, si elle change quelque chose au travail routinier, si elle exige un peu d'attention, si elle démontre surtout que le contre-maître ne sait rien du sucre, il est plus simple de n'en pas parler. Dans nombre de sucreries, le contre-maître est ce qui vient d'être dit. Honnête homme, quant à la probité vulgaire, il a la confiance absolue du fabricant. Rien ne se fait que par lui et c'est tout simple. Le propriétaire en sait parfois moins que lui en matière de sucre, ou il s'occupe d'autre chose que de son usine.

La plupart des fabriques de second ordre et des petites fabriques sont dans cette condition, et ce n'est pas là que la macération a des chances de s'introduire.

Dans les grandes fabriques, dont la plupart sont dirigées par des contre-maîtres habiles, par des directeurs instruits, sous la surveillance de fabricants éclairés, l'énormité des capitaux engagés, l'importance des combinaisons financières qui dominent la situation, la marche établie, une foule de circonstances auxquelles l'actionnaire n'est pas étranger viennent enrayer le bon vouloir très-réel des administrateurs.

On ne saurait se défaire à perte d'un million de francs d'outillage, pour y substituer autre chose, bien que cette autre chose soit plus simple, plus économique et plus lucrative. On est monté pour la double carbonatation, on a pour cent mille francs de presses, et l'on en reste là. On recule, du reste, devant l'initiative.

Contre-maîtres ineptes ou habiles, directeurs instruits ou ignorants, tous concourent, pour des raisons différentes, à repousser la macération ; mais tous font acheter une nouvelle machine, si elle coûte cher et si les journaux en ont parlé.

3° Le fabricant apporte son contingent. Il est presque toujours, neuf fois sur dix, la troisième force de cette trilogie; il est le moins influent dans sa propre affaire. Il est devenu fabricant après avoir été courtier ou banquier; il a voulu fonder une fabrique de sucre par spéculation, pour faire figure, pour

acquérir une importance. Sa première pensée n'a pas été d'apprendre à connaître les questions qui se rattachent au sucre. Il a songé à trouver de l'argent, un chaudronnier et un contremaître. Le chaudronnier décide de l'outillage, le contre-maître de la méthode. L'argent fournira les racines et payera les frais. Il est admis que le sucre rend toujours; on ne sera pas en perte; au contraire, on gagnera de l'argent, malgré tout; le reste est accessoire. Une visite à la fabrique, les marchés de betteraves, les ventes de sucre aux courtiers de raffinerie, quelques occupations commerciales dont on se décharge souvent sur d'autres, voilà tout le rôle actif d'un grand nombre de fabricants.

Les autres sont sous l'empire des circonstances. Souvent, ils ne peuvent pas faire les modifications qu'ils désirent le plus. On redoute de prendre une initiative; on attend que les autres aient commencé. On ne veut pas même essayer, et rien ne se fait.

Souvent encore, le fabricant veut bien essayer, mais à la condition qu'on lui fasse cadeau de l'instrument, qu'on lui fasse une part, que sa vanité soit satisfaite par son adjonction à l'invention, que son intérêt prime tous les autres.

Stupidement confiant à l'égard d'un contre-maître ignorant, il devient ridiculement rapace envers une invention de progrès; exploité souvent, il veut exploiter à son tour, ou il retire sa parole et refuse le concours qu'il avait promis...

Telles sont les influences principales qui s'opposent, en France, à l'adoption des méthodes de macération, malgré toutes les raisons qui militent en faveur de cette modification dans le travail sucrier. Cet état de choses n'empêche pas que la macération bien faite soit le seul mode sérieux d'extraction du jus; que, seule, elle puisse procurer l'épuisement des pulpes et augmenter le rendement d'un sixième. Cette apathie n'empêche pas que cette méthode ait fait ses preuves, en France, par la sucrerie agricole, avec Mathieu de Dombasle, et par la distillerie, depuis 1854. Le problème de la grande industrie est résolu en Allemagne, comme nous le verrons plus loin et, malgré des objections de détail qui dépendent du système adopté, la question ne fait plus l'objet d'un doute.

Nos fabricants, ceux qui veulent le progrès, pourraient se donner à eux-mêmes une justification des faits, sans rien mo-

difier d'abord à leur outillage. Ils veulent conserver leurs râpes, leurs presses, leur noir, soit; il ne s'agit d'abord que d'une question de rendement. Qu'ils établissent, sous un hangar, une râpe, un appareil de macération des pulpes, et un monte-jus. Qu'ils consacrent huit jours, avant la campagne ou à la fin de la saison, à traiter, par macération, 500,000 kilogrammes de racines, et qu'ils comparent le résultat avec leurs rendements ordinaire. Rien ne changera leur travail habituel.

La défécation, la concentration, la cuite, l'emploi du noir se succèderont dans cette expérience comme dans le travail courant; le contre-maître ne sera pas dérangé dans sa somnolence et le chaudronnier n'aura rien à dire. Si l'on constate que l'augmentation de rendement d'une campagne suffit à indemniser, même des pertes résultant de la suppression pure et simple des presses, il nous semble que le procès sera vidé et la question résolue.

Par l'adoption de la macération avec le tannage des pulpes et la transformation des alcalis, le rendement s'élève à 7,5 0/0 avec des betteraves à 10 0/0; le sucre produit acquiert une plus-value considérable, par la diminution des sels, et une évaluation, faite en fabrique, a fait voir que l'avantage moyen se chiffre par 100,000 francs dans une campagne de 100 jours, par un travail journalier de 80,000 kilogrammes de racines [1].

Les considérations les plus puissantes militent en faveur de cette méthode, la seule qui soit conforme à la technologie, en matière de sucrerie. Elle est la plus économique de toutes sous le rapport des dépenses de premier établissement et sous celui des frais de fabrication; elle est la plus simple dans l'exécution du travail; elle augmente le rendement en quantité et en qualité; mais elle a contre elle les constructeurs, la plupart des contre-maîtres et un grand nombre de fabricants, bien qu'elle ait été appliquée avec succès en France, et qu'elle le soit encore aujourd'hui en Allemagne.

La situation est là tout entière et l'avenir seul pourra résoudre les difficultés qui s'opposent à une pratique de bon sens industriel. Il paraît certain, ou tout au moins probable, que la grande fabrication française ne modifiera ses errements qu'en présence de la concurrence de la sucrerie agricole, dont l'éta-

1. Voir les détails aux *Notes justificatives*.

blissement assurera la consolidation définitive de l'industrie sucrière.

Observations sur la valeur des jus. — Le jus de betterave présente, lorsqu'on en pèse un volume déterminé, un poids donné, qu'il est facile de ramener à la densité par la comparaison avec le poids d'un même volume d'eau pure. Les aréomètres donnent encore des indications qui permettent d'apprécier directement la densité ou de la déterminer par le calcul. Il est bien entendu que la valeur réelle d'un jus ne peut être déduite de sa densité et nous n'avons pas dessein de revenir sur ce point. La présence des matières étrangères, dont la proportion, si variable, est sous la dépendance de circonstances multiples, ne permet de voir qu'un moyen d'appréciation dans les constatations aréométriques sur les jus non purifiés. La différence des densités des substances dissoutes n'est pas moins à considérer, en sorte que les indications de densité ne peuvent être admises comme base de contrôle que pour les dissolutions sucrées pures.

Nous voulons seulement conclure de ceci que le seul moyen rationnel d'apprécier un jus extrait consiste à en rechercher la teneur en sucre, à en faire une analyse suffisante. Le lecteur est assez familiarisé avec les procédés de la saccharimétrie chimique et de la saccharimétrie optique (T. 1, ch. IV, p. 133), pour que nous puissions nous contenter de lui rappeler la nécessité d'une appréciation exacte à l'aide d'un des moyens adoptés par la science.

En général, un jus de betterave contient de 5 à 12 millièmes de sels minéraux, ce qui répond aux proportions de 5 à 12 0/0 du sucre, pour des racines à 10 0/0 de richesse. On estime que le travail manufacturier cesse de se bien faire lorsque la proportion des sels dépasse 6 millièmes ou 6 0/0 du sucre. Cette appréciation est exagérée, car la plupart des matières minérales étant éliminables en totalité ou en partie, à l'exception des chlorures alcalins et des alcalis, la question se réduit à pratiquer la purification du jus avec la plus grande attention, afin de ne laisser que le minimum de matières minérales dans les jus et à transformer les alcalis en sels inoffensifs.

On a trouvé que les matières azotées du jus de betterave peuvent varier entre 4 et 14 millièmes.

Ces données fourniraient la composition moyenne suivante, qui se rapproche beaucoup de la vérité :

Sucre	10,00
Sels	0,85
Matières azotées	0,90
Eau	88,25
	100,00

On trouve, dans un travail de Michaëlis, des données analytiques dont la connaissance peut être utile à la pratique. Nous en extrayons les résultats relatifs aux betteraves de Mágdebourg. D'après ce chimiste, 1,000 parties du *jus* de ces racines lui ont donné, en moyenne :

Potasse	2,119
Soude	1,631
Chaux	0,138
Magnésie	0,553
Oxyde de fer	0,089
Oxyde de manganèse	0,025
Chlore	0,226
Acide phosphorique	0,837
Acide oxalique	0,745
Acide citrique	1,264
Acide silicique	0,076
Matières minérales, pour 1,000 de jus	7,703

Le même observateur a encore trouvé, pour les proportions de diverses substances organiques, dans 1,000 parties de jus :

Albumine	1,358
Légumine	2,026
Gluten	1,154
Principe extractif	3,000
Matière grasse	0,735
	8,273

Il résulte de ces données analytiques, que, *dans les conditions où l'expérimentateur s'est placé*, 100 parties de jus de betterave renferment 1,5976 de matières étrangères, dont 0,7703 de substances salines et 0,8273 de matières azotées et autres. Ces chiffres représentent, à peu près, la moyenne des observations, dans de bonnes conditions ordinaires. Mentionnons, cependant, que l'on rencontre assez fréquemment l'alumine dans les jus, que l'on y trouve des substances organiques en-

traînées, en suspension, enfin que les nombres de Michaëlis se rapportent à des jus filtrés, tandis que, dans la pratique, on se trouve en présence d'impuretés diverses qui ont échappé au lavage. Ces considérations font voir que le quantum des matières étrangères doit être nécessairement plus élevé dans les jus de fabrication.

IV. — PURIFICATION DU JUS DE BETTERAVE.

Nous avons exposé avec les plus grands détails les principes sur lesquels repose la purification des jus sucrés. Ces principes et les données relatives à l'emploi des divers agents de purification sont applicables de tous points au traitement du jus de betterave, et nous supposons que le lecteur a bien voulu prêter toute son attention aux observations que nous avons faites sur ce sujet important (p. 115 et suiv.). Les conditions générales de la pratique moderne, telles qu'elles sont exécutées dans ce qu'on appelle la fabrication perfectionnée, forment l'objet de ce paragraphe, dans lequel nous ne décrirons pas les systèmes particuliers spéciaux à divers inventeurs.

Les opérations de la purification du jus se résument dans le *chaulage*, la *saturation* et la *filtration décolorante* ou la filtration sur le noir animal. Le chaulage porte le nom usuel de *défécation*, bien que cette opération ne constitue, en réalité, qu'une partie de la défécation, c'est-à-dire de la purification des jus, laquelle n'est complète que par l'exécution de tous les moyens *mécaniques*, *physiques* ou *chimiques*, dont l'action tend à éliminer la totalité des matières étrangères qui accompagnent le sucre. On peut dire, en thèse générale, que la purification des jus est fort incomplète en fabrication, malgré tout ce que les faiseurs de systèmes ont prétendu, et cette proposition se trouvera démontrée surabondamment par l'exposé de la pratique suivie. . . .

Défécation. Chaulage des jus. — Les jus obtenus par un procédé quelconque d'extraction sont dirigés dans un monte-jus qui les transporte à la *chaudière à défécation*. On introduit la vapeur dans le serpentin ou le double fond de cette chaudière aussitôt que le liquide est arrivé à couvrir ces organes, et l'on commence à élever la température de la liqueur,

pendant que la chaudière se remplit. Lorsque ce vase contient du jus jusqu'à la ligne de niveau, on ferme l'arrivée du liquide, que l'on dirige dans une autre chaudière, et l'on continue à chauffer, jusqu'à ce que la masse ait atteint une température qui varie de $+75°$ à $+90°$, selon les motifs plus ou moins arbitraires adoptés par le fabricant. La moyenne la plus communément adoptée est de $+85°$ que l'on détermine par l'observation d'un thermomètre.

A ce moment, on ferme l'arrivée de la vapeur, on introduit le lait de chaux et l'on brasse de façon à opérer un mélange exact. On ouvre alors de nouveau l'arrivée de la vapeur, de façon à porter très-graduellement le liquide à l'ébullition. Aussitôt que le premier bouillon se décèle par les ondulations de la masse d'écume de la surface, on arrête la vapeur. On laisse reposer pendant 10 à 15 minutes, puis on soutire le liquide tout le temps qu'il coule clair. Les portions troubles sont envoyées à un appareil de filtration.

L'opération ainsi comprise supprime, comme on le voit, toute purification mécanique préalable, malgré l'utilité considérable qui en résulterait. On introduit dans la chaudière toutes sortes de débris organiques en suspension, et il peut résulter de ce fait des inconvénients qui ont été signalés.

Lorsqu'on commence à chauffer la liqueur, l'albumine se coagule graduellement et forme à la surface une couche d'écumes qui s'épaissit peu à peu. On écarte ces écumes pour ajouter la chaux. Lorsque le lait de chaux a été introduit, il se forme des combinaisons entre la chaux et différentes substances étrangères. Ces combinaisons affectent la forme floconneuse; elles montent pour la plus grande partie à la surface et y forment une croûte plus ou moins épaisse, plus ou moins dense, d'une teinte gris sale, qui se forme de $+85°$ à $+95°$. Une portion des combinaisons, d'une densité plus grande, tombe au fond de la chaudière, avec des débris organiques, des matières terreuses, du sable, etc. Le contenu d'une chaudière, après le repos, se trouve donc séparé, comme il a été déjà dit (p. 129), en trois parties : des dépôts au fond, un liquide clair, plus ou moins limpide, au milieu, et des écumes à la surface.

L'action de la chaux est très-sensible. Le jus est décoloré; les sels de potasse, de soude, de magnésie, d'alumine, de fer, de manganèse, sont décomposés pour la plupart; les oxydes

mis en liberté se précipitent à l'état insoluble, à l'exception des alcalis qui se combinent au sucre ; les acides s'unissent à la chaux et forment des sels insolubles qui se précipitent et des sels solubles qui restent dans la liqueur. Une partie des matières azotées se combinent à la chaux, et se séparent à l'état insoluble ; une autre portion est décomposée et il se dégage de l'ammoniaque, qui est le principal produit de cette décomposition.

On a cherché à établir des données sur la proportion des écumes. Cette proportion est très-variable selon la nature des betteraves et la proportion du chaulage. En moyenne, elle correspond à 3, 5 ou 4 0/0 du jus en écumes pressées, ce qui répond à la moitié seulement de matière sèche, en sorte que l'action de la chaux n'enlèverait que 1,75 à 2 de matières étrangères sur 100 parties de jus. Et encore convient-il de déduire de ces chiffres la chaux combinée qui se trouve dans les écumes. Il nous semble qu'il y a une contradiction entre ces chiffres et les résultats connus et admis. Le jus de betterave contenant 1,60 de matières étrangères, en moyenne, d'après Michaëlis, ce serait admettre que le chaulage a enlevé la totalité de ces substances, ce qui est très-inexact. En effet, le chiffre de 1,75 d'écumes sèches sur 100 de jus, ou de 17,5 0/00, est supérieur à la masse des matières étrangères. Or, l'observation pratique fait voir qu'il y a ici une contradiction évidente, puisque le jus chaulé retient encore souvent les 2/3 ou les 4/5 des substances étrangères.

En fait, 100 parties d'écumes sèches proviennent de 5k,714 de jus, et devraient contenir :

Potasse	12,108	21,417
Soude	9,309	
Chaux	0,788	
Magnésie	3,160	
Oxyde de fer	0,508	
Manganèse	0,243	
Chlore	1,290	
Acide phosphorique	4,773	
Acide oxalique	4,257	
Acide citrique	7,232	
Acide silicique	0,434	
Matières azotées	47,272	

Si nous comparons ces données avec les chiffres de l'analyse d'Hoffmann (t. I, p. 373), nous trouvons que le chaulage a

enlevé 0,018 des alcalis, 0,60 de la magnésie, la totalité de l'oxyde de fer et, probablement, du manganèse et de l'alumine, 0,39 de l'acide phosphorique; la totalité, très-vraisemblablement, des acides oxalique, citrique et silicique, 0,217 des matières azotées et la plus grande partie des substances organiques suspendues. La proportion de chaux trouvée provient de l'excès employé et de la combinaison avec les acides phosphorique, citrique et oxalique. On peut se rendre ainsi un compte très-suffisant de l'action réelle de la chaux dans la défécation, sans recourir à des hypothèses assez gratuites.

Les écumes d'un kilogramme de jus, d'après les chiffres d'Hoffmann, retiennent 2gr,9 de carbonate de chaux et 3gr,03 de chaux, ce qui infirmerait les calculs de Walkhoff à ce sujet; mais il convient d'ajouter que la composition des écumes varie beaucoup selon la nature des racines et la dose du chaulage, en sorte qu'il n'y a pas lieu de faire aucune généralisation.

En somme, il paraît démontré que, s'il est utile d'augmenter la proportion de la chaux, il convient de ne faire l'addition de cette base qu'en plusieurs fois et dans des phases successives du travail, afin d'éviter l'encombrement des résidus et la difficulté de les séparer par simple dépôt. Cette méthode de fractionnement du chaulage n'est cependant pas sans présenter des inconvénients sérieux, surtout lorsqu'on fait bouillir avec de la chaux du jus déjà déféqué. Dans ce cas, en effet, on a à redouter l'influence des alcalis dont on connaît l'action pernicieuse sur le sucre, et il semble bien préférable de se débarrasser par le tannin des matières organiques azotées et de la plupart des bases métalliques, pour n'avoir plus à employer qu'un minimum de chaux.

Walkhoff déclare que le chaulage n'enlève au jus que 0,15 à 0,18 des matières minérales ou organiques étrangères au sucre, et ce chiffre se rapproche de celui que nous avons déduit plus haut de la composition des écumes.

Il nous a paru très-utile de faire introduire dans les chaudières une partie de la chaux destinée à la défécation, dès le moment même où l'on y fait arriver le jus, surtout vers la fin de la campagne, lorsque les racines déjà altérées offrent des traces d'acidité et des symptômes de fermentation; mais nous n'approuvons pas la pratique qui consiste à faire retourner à la défécation, dans le même but de saturation des acides, les

liquides provenant de la pression des écumes. Ces liquides doivent être dirigés vers une autre opération et leur place réelle est à la saturation.

Des chaudières à défécation. — La forme et les dimensions des chaudières employées à la défécation est loin d'être sans importance sur le résultat de l'opération. Nous étudions sommairement les conditions qu'elles peuvent présenter, quant à la durée de l'opération, selon qu'elles sont établies à faux fond ou à serpentins, et quels sont les résultats d'une forme déterminée sur le dépôt des matières insolubles.

En général, la vapeur est employée en sucrerie sous la pression de 3 atmosphères, c'est-à-dire à la température de + 135°. Dans cette donnée, les faux fonds transmettent 40,000 calories par mètre carré et par heure, tandis que les serpentins transmettent 60,000 calories[1]. Nous admettons que les jus entrent en ébullition par une température moyenne de + 102°, et que leur température initiale est de + 5°.

Dans ces conditions, 1,000 litres de jus consomment 97,000 calories pour passer de + 5° à l'ébullition. Il faudra donc 2^{mq},425 de faux fond pour porter 1,000 litres à l'ébullition en une heure. De même, pour porter 1,000 litres de jus à l'ébullition en une heure par les serpentins, il faudra 1^{mq},617 de surface de serpentins. Pour obtenir l'ébullition en une demi-heure ces surfaces devront être doublées, et elles seront quadruplées pour fournir l'ébullition de 1,000 litres en un quart d'heure.

Supposons donc une fabrication de 100,000 k. en 22 heures de travail réel, répondant à 98,000 k. de jus par un bon travail d'extraction. Ce nombre répond à 66 défécations de 1,500 kil., et nous supposerons que l'on a plusieurs chaudières de 2,000 litres de capacité totale, l'une étant en travail pendant que les autres se remplissent, se vident et sont nettoyées.

Chaque chaudière doit faire une défécation par heure et l'on a :

Pour l'échauffement du liquide, 45 minutes.

Pour le repos, 15 »

Dans le cas le plus habituel, celui du faux fond, la surface de chauffe pour 1,500 kil. de jus en 1 heure serait de 3^{mq},637.

1. V. plus haut, *Concentration à la vapeur*, p. 197.

Pour atteindre le résultat cherché en 45 minutes, cette surface doit être augmentée et la superficie active du faux fond doit être de 4^{mq},85.

Par l'emploi des serpentins, qui est beaucoup plus économique, bien qu'il présente un peu plus de difficulté pour le nettoyage, il faudrait 2^{mq},1255 pour produire l'ébullition en 1 heure et 3^{mq},23 seulement pour finir le travail en 45 minutes.

Disons tout de suite que nous préférons de beaucoup l'emploi des serpentins à celui des faux fonds comme plus rationnel, plus rapide et plus économique, surtout lorsque le chaulage ne produit plus d'écumes, ce qui est la conséquence du tannage des jus.

Dans la supposition qui sert de base au calcul précédent, trois chaudières suffiraient très-largement à la fabrication.

On comprend, du reste, très-aisément que la *forme* des chaudières présente une assez grande influence sur la surface de chauffe et, par conséquent, sur la durée de chaque opération et sur le nombre des chaudières à employer.

La chaudière allemande, très-surbaissée, est représentée en coupe par la figure 107, ci-dessous. Le faux fond, en tôle ou en

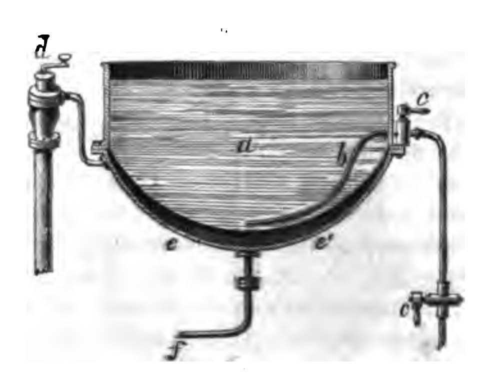


Fig. 107.

fonte, est indiqué par *e e'*; *d* est le robinet qui permet l'introduction de la vapeur, *f* sert au retour du produit de la condensation, et le syphon *b* sert à soutirer le liquide par les robinets *cc*. Dans un autre dispositif, *b* est remplacé par un robinet de fond, et il existe un petit purgeur pour faire sortir l'air du faux

fond, quand on y introduit la vapeur, ce qui est d'une utilité incontestable.

Nous ne pouvons accorder à cette chaudière des éloges qu'elle ne nous semble pas mériter. Son plus grand diamètre permet d'augmenter la surface de chauffe, il est vrai ; mais l'amplitude de l'arc est un défaut dont le principal résultat est de disséminer les courants ascendants dont la direction normale doit être centrale. Nous ne sommes pas non plus partisan d'une vidange syphoïde ou d'une vidange de fond qui ne peut fonctionner qu'en enlevant d'abord les dépôts et les troubles du fond, et nous regardons la construction française de la figure 108 comme bien préférable.

Au lieu de tendre à surbaisser les chaudières, il serait plus conforme aux principes d'en augmenter la profondeur, par la raison que les dépôts s'y précipitent mieux et que la clarification y est meilleure et plus rapide. Élémentairement, ces chaudières doivent représenter une coupole demi-sphérique, surmontée d'un cylindre plus ou moins élevé qui y est rattaché par des brides et des boulons, en même temps qu'au faux fond. Le rayon du cylindre doit être égal à celui de la coupole.

Un bon modèle de ce type, fabriqué par la maison Brissonneau frères, est indiqué en coupe par la figure 108 ci-dessous.

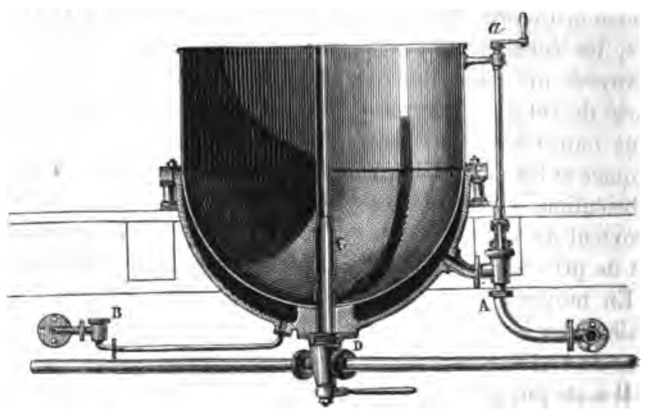


Fig. 108.

La coupole et le cylindre de cette chaudière sont réguliers : *a* est la manivelle qui permet de faire fonctionner sans se

baisser le robinet de vapeur de la prise A. B est le tube de retour de la condensation du faux fond. Un tube abducteur D, à deux branches, porte le liquide à sa destination. Une particularité assez remarquable de ce dispositif consiste en ce que le tube C, qui amène la liqueur au tube D, est percé de fentes verticales, destinées à laisser passer le jus tout en retenant les matières suspendues.

Mis à part ces quelques détails, cette chaudière, en tant que forme générale, reproduit le modèle adopté, avec raison, par la sucrerie indigène française.

Pour obvier à cet inconvénient capital du mélange des troubles de fond avec les liquides clairs, nous adaptons aux chaudières une vidange qui permet d'enlever les jus limpides à mesure qu'ils se clarifient. Cette disposition, qui fait gagner du temps et donne un meilleur travail, est représentée par la figure 109, et l'inspection du dessin suffit à la faire comprendre.

Fig. 109.

Épuisement des résidus. — Nous savons que, dans l'ancienne fabrication, les dépôts et les écumes étaient égouttés dans des filtres Taylor ou dans des sacs, puis soumis à l'action de la presse ordinaire. Aujourd'hui, dans la fabrication perfectionnée, les écumes mélangées aux troubles et aux dépôts sont envoyées au monte-jus des filtres presses. Nous avons déjà parlé de cet utile instrument (p. 302), et il en sera question plus loin. Contentons-nous, pour le présent, de dire que les écumes et les dépôts du chaulage, comme tous les dépôts de la fabrication, sont pressés dans cet appareil, et que le jus qui provient de la pression est dirigé vers l'opération suivante. Il est de principe que les liquides ne doivent jamais rétrograder.

En moyenne, les troubles et les écumes représentent le sixième ou le cinquième du volume du liquide traité, c'est-à-dire de $1^h,5$ à 2 hectolitres par 1,000 litres de jus déféqué.

Il a été fait grand bruit, en Allemagne principalement, de la perte en sucre représentée par les écumes et des moyens d'y remédier. La question est assez simple en elle-même et nous allons chercher à le démontrer.

Soit le jus normal à 10 0/0 de richesse. Les écumes retien-

nent après la pression de 40 à 50 0/0 d'eau, ce qui revient à 44,44 ou 55,55 de jus normal. Adoptons la moyenne de 50 0/0 de jus, retenu par les écumes. Il a été dit plus haut que 100 de jus fournissent 3,5 d'écumes pressées, c'est-à-dire 35 kil. par 1,000 kil. de jus. Ceci revient à dire que, par le traitement de 1,000 kil. de jus, on laisse dans les écumes 17^{k},5 de jus normal à 10 0/0, ou à une richesse donnée.

Une fabrication de 100,000 kil. perd donc dans les écumes 1,750 kil. de jus, soit environ un sac de sucre, mélasse non comprise, et la chose vaut la peine d'être relevée.

On a proposé de faire bouillir les écumes, de les étendre d'eau, de les saturer par l'acide carbonique pour les presser ensuite. Walkhoff préfère les délayer dans les eaux faibles de dégraissage des filtres.

Il est clair qu'en délayant ces écumes dans de l'eau, on atténuera la valeur sucre de la portion de jus faible qui y restera après pression, et qu'il en sera à peu près de même par l'emploi d'eaux faibles de dégraissage; mais ces écumes ne seront pas encore épuisées de tout leur sucre.

La perte est, cependant, très-atténuée par le lavage avec les eaux de dégraissage après saturation, et l'auteur allemand estime qu'elle est tombée de 1 1/2 ou 2 0/0 du sucre total à 0,6 0/0 seulement.

Le procédé le plus rationnel à suivre consiste à faire passer les dépôts et les écumes dans un bac ou une chaudière à saturation, d'y ajouter deux fois leur poids d'eaux faibles de dégraissage et d'y faire passer un courant d'acide carbonique jusqu'à refus. On presse ensuite au filtre presse. Nous avons constaté que l'addition d'une matière tannante, après l'action de l'acide carbonique, rend la matière moins visqueuse et facilite la pression, mais ce point reste à préciser par des expériences manufacturières.

Observations générales sur les résultats du chaulage. — On a vu que l'action de la chaux est assez incomplète, en ce sens que cet oxyde n'agit pas sur les chlorures, qu'il n'élimine pas les alcalis, lesquels sont seulement mis en liberté et se combinent au sucre, enfin, qu'il n'enlève qu'une faible portion des matières protéiques. Comme la chaux décolore les jus, qu'elle en sépare les oxydes métalliques et plusieurs acides organiques, elle est

agent le plus économique dont on puisse se servir pour commencer la purification du jus.

Après l'emploi de ce réactif, on trouve, dans les jus clairs, de la chaux, de la potasse et de la soude, à l'état de sucrates, des chlorures et d'autres sels non décomposables par la chaux, des sels calciques formés dans la réaction, des matières colorantes et des substances azotées.

Il est bon de doser ces matières, si l'on veut ne pas marcher en aveugle dans aucune circonstance du travail.

La chaux se dose par l'oxalate d'ammoniaque. On peut faire le dosage des alcalis par le procédé indiqué dans l'étude des matières saccharifères (t. I, p. 236); mais quelques personnes se contentent de rechercher le chiffre de l'alcalinité totale à l'aide d'une solution alcalimétrique (t. I, p. 223).

Nos lecteurs savent assez en quoi consistent ces sortes de dosages, pour que nous ne nous arrêtions pas à des redites de chimie élémentaire. Nous n'avons pas non plus à recommander telle ou telle burette, et la première éprouvette venue, graduée exactement, peut servir à toutes ces petites opérations.

Nous conseillerons seulement de faire un dosage précis du chlore, ce corps n'étant pas éliminé dans le travail et ne pouvant être neutralisé, ce qui en rend la présence beaucoup plus nuisible que celle des autres éléments organiques ou inorganiques.

En ce qui concerne la présence des matières azotées, on peut les doser par la méthode ammonimétrique, ou par l'une de celles qui ont été décrites. On peut encore en déceler la présence par le procédé suivant.

On fait dissoudre 12 parties de mercure dans 15 parties d'acide azotique à 38° et la dissolution, étendue de son poids d'eau distillée, est conservée pour l'usage. Lorsqu'on veut s'en servir et essayer un jus, par exemple, on prend une petite quantité de ce jus que l'on verse dans un tube, et qu'on acidule par un peu d'acide nitrique étendu. On y ajoute alors une ou deux gouttes de la solution de mercure, qui fait passer la teinte du jus acidule au rouge vif s'il renferme une matière protéique. Ce réactif n'agit pas sur le sucre.

Saturation du jus. Carbonatation. — On ne peut compléter la purification du jus qu'en enlevant l'excès de chaux

employé à la défécation, en détruisant les matières colorantes et en se débarrassant autant que possible des autres substances étrangères.

L'élimination de la chaux se fait, dans la fabrication moderne, par l'action de l'acide carbonique et par celle du noir d'os.

Un procédé irrationnel, basé sur des observations incomplètes, est encore usité dans quelques fabriques arriérées et, notamment, en Allemagne. Nous n'en dirons qu'un mot. Certains fabricants font subir au jus chaulé une ébullition soutenue jusqu'à ce qu'il ait atteint la densité de 10° B. Dans ce travail il se produit, par la décomposition des matières protéiques, de l'ammoniaque qui se sépare et de l'acide carbonique qui précipite de la chaux. Mais le jus perd de sa richesse saccharine par suite de l'action des alcalis sur le sucre à la température de l'ébullition et, en outre, il se colore plus ou moins fortement en brun, si la liqueur renferme du glucose.

Cette pratique absurde est à peu près inconnue en France, au moins parmi les fabricants instruits des faits de la sucrerie, et tous se bornent à éliminer la chaux par l'acide carbonique et par le noir.

Au lieu de filtrer les jus après la défécation, de les saturer ensuite, de les filtrer une seconde fois avant la concentration, puis une troisième fois après cette opération, on se borne généralement à une filtration après la saturation et à un second passage sur le noir après la concentration.

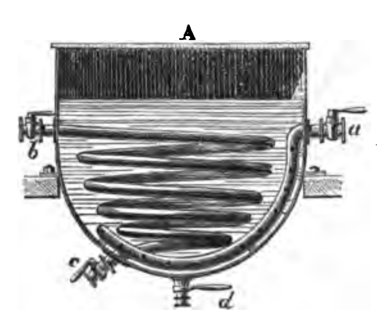


Fig. 110.

Les chaudières dans lesquelles on soumet le jus déféqué à l'action du gaz acide carbonique (p. 146, p. 317 et suiv.) peu-

vent présenter toute espèce de formes. L'essentiel est qu'elles renferment un tube barboteur pour l'arrivée du gaz, un serpentin à vapeur ou un faux fond pour chauffer les liquides jusqu'à l'ébullition, après l'action de l'acide, et un robinet de vidange. La figure 110 donne l'idée de ces conditions essentielles.

Un tube barboteur à robinet *a* introduit le gaz dans la liqueur. Le robinet *b* sert à amener la vapeur dans le serpentin et le robinet *c* permet l'expulsion des liquides condensés. La vidange *d* sert à la sortie des liquides.

Ce qui se fait, dans la meilleure fabrication, est conforme au procédé qui a été décrit sous le nom de ***méthode ordinaire de saturation*** (p. 142), et les modifications qui sont apportées à cette méthode appartiennent à des procédés particuliers. Ces modifications, dont la valeur peut être contestée dans nombre de cas, seront étudiées dans un prochain chapitre.

Depuis que l'acide carbonique joue un rôle aussi important que justifié dans la fabrication du sucre brut, on s'est servi de cylindres, de vases cubiques, de chaudières hémisphériques, pour la pratique de la saturation, sans que la forme des vases ait été déterminée par des considérations techniques de quelque

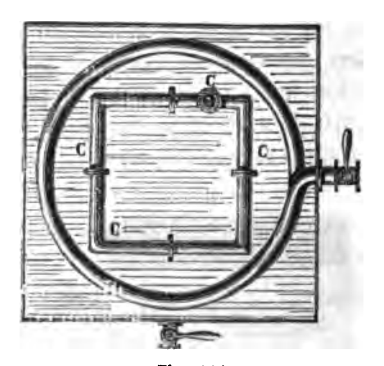


Fig. 111.

importance. Une forme souvent employée est celle qui est représentée en plan par la figure 111, et en coupe par la figure 112.

Cette chaudière est quadrilatérale. Le barboteur C y apporte l'acide carbonique. La vapeur entre en *a* et la condensation

sort en *b*. Une vidange *d* porte au dehors les jus saturés, et il est bon de remarquer l'inclinaison du fond de la chaudière vers le point de vidange, afin de faciliter la sortie de tout le dépôt.

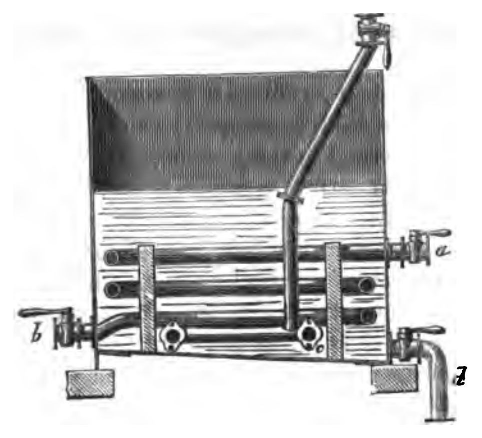


Fig. 112.

Ce modèle quadrilatéral est assez en faveur dans un grand nombre de fabriques, et la seule raison qu'on nous en ait donnée, et qui présente un peu de valeur, consiste en ce que cette forme peut contenir une plus grande quantité de jus qu'une chaudière cylindrique ou hémisphérique. Cette allégation est exacte, mais les conditions essentielles de l'action du gaz sont les mêmes dans toutes les formes de chaudières.

Un des bons modèles de cette forme quadrilatérale est représenté par la figure 113 ci-contre, et c'est celui qui a été construit par la maison J.-F. Cail pour l'exécution du procédé dit de Périer et Possoz.

Nombre de fabricants préfèrent un simple cylindre dont le fond est légèrement incliné vers la vidange. Nous ferons observer que, dans la plupart de ces constructions, la première portion des jus saturés coule trouble et qu'on est obligé de la faire passer par un débourbeur. Nous adaptons aux chaudières de saturation d'une forme quelconque un tube de vidange syphoïde, comme celui de la figure 109, et cette simple disposition permet de soutirer le jus à mesure de la clarification et du dépôt du carbonate. Une vidange de fond dirige les dépôts vers un filtre presse.

Les serpentins à vapeur présentant un certain obstacle au nettoyage du fond et des tubes, plusieurs fabricants emploient

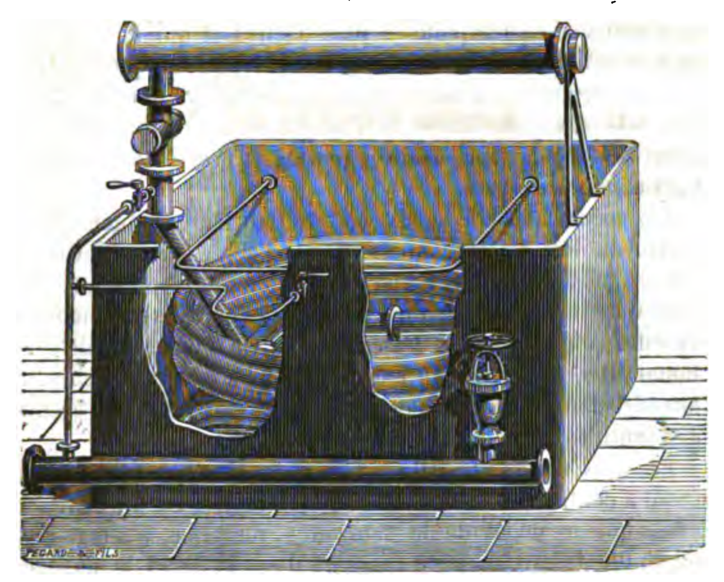


Fig. 113.

les chaudières hémisphériques à double fond. La seule observation à faire à ce sujet repose sur la dépense d'une plus grande quantité de chaleur, les doubles fonds ne transmettant que les deux tiers du calorique transmis par les serpentins à surface égale et dans le même temps.

La marche du travail ne diffère pas de celle que nous avons décrite (p. 143). Les mousses qui se produisent en grande abondance au début de l'action du gaz sont agitées, soit avec un râble, soit à l'aide d'un agitateur mécanique, et elles s'affaissent très-aisément par ces moyens, par un filtre de vapeur, ou par l'addition d'un peu de corps gras. Le meilleur moyen et le plus pratique, à notre avis, consiste à brasser la surface à l'aide d'un cylindre à palettes, dont l'arbre tourne sur des coussinets fixés aux parois de la chaudière et auquel on communique le mouvement par une manivelle. Les palettes ne doivent tremper dans le liquide que de quelques centimètres et l'on doit pouvoir les allonger ou les raccourcir au besoin.

Dans la plupart des circonstances, on attend que les jus se soient clarifiés dans la chaudière à carbonatation; mais on sent que ce mode n'est pas possible avec les chaudières dont la vidange occupe le point le plus déclive et qui ne sont pas munies d'un tube à décantation. Dans ce cas, lorsque l'opération est terminée, on fait couler la masse entière dans des bacs de repos où elle se clarifie, et d'où elle est retirée par décantation. Les dépôts sont ensuite égouttés et pressés ou soumis à l'action du filtre presse.

Les spécialistes allemands, malgré tout leur engouement en faveur du noir d'os, reconnaissent que l'acide carbonique équivaut, dans son emploi, à une quantité de noir représentée par 50 0/0 du jus, et cet aveu est précieux à constater. Il démontre en effet qu'une seconde défécation, suivie d'une seconde carbonatation, produirait un effet supérieur à celui que l'on peut attendre d'une quantité exagérée de noir, et il y a là une preuve de l'inutilité de cet agent malencontreux.

Les faits sont d'accord avec cette opinion que l'expérience seule a contraint les amis du noir à formuler. On a trouvé, en effet, que le dépôt de la saturation renferme, à l'état sec, 62,25 0/0 de carbonate de chaux, 5 d'eau et 32,75 de matières étrangères enlevées au jus.

Or, 1 kilog. de jus donne lieu à la précipitation, par l'action de l'acide carbonique, de 1,42 de dépôt sec, à 5 0/0 d'eau, ce qui correspond à 0,47 environ de matières étrangères au sucre, différentes de la chaux et du carbonate de chaux. Ce chiffre suffit à faire voir que la carbonatation est une opération très-rationnelle, qui élimine non-seulement la chaux, mais encore une partie très-notable des matières étrangères. Elle constitue un des principaux progrès de la fabrication moderne et elle est pratiquée partout où l'on suit une méthode raisonnée.

Contrôle de la valeur du gaz carbonique. — La teneur en acide carbonique des gaz mixtes que l'on emploie à la saturation est un des éléments importants de la question. Plus le gaz est riche en acide carbonique et plus rapide est l'opération; moins aussi elle est coûteuse.

La composition des gaz mixtes est très-variable et l'on y rencontre depuis 5 jusqu'à 32 0/0 d'acide carbonique réel. Il convient donc de vérifier la valeur de ces gaz et de savoir au juste

à quoi s'en tenir sur sa composition. La chimie donne plusieurs moyens de parvenir à la mensuration de l'acide carbonique. Le procédé le plus vulgaire, celui que l'on emploie tous les jours dans les analyses, consiste à faire absorber l'acide carbonique du mélange gazeux par une dissolution de potasse. Les Allemands attribuent cette méthode à un des leurs, comme de raison, et la méthode Weiler signifie la méthode des livres et de tout le monde. On peut encore faire absorber l'acide carbonique par la solution de baryte, par l'acétate de plomb, etc.

Pour se servir de la dissolution de potasse, on peut avoir recours à un procédé fort simple, très-suffisant pour les besoins de la fabrication. A l'aide de deux éprouvettes graduées de volume différent, A et B, on peut suppléer à toutes les minuties inutiles et obtenir des indications fort précises.

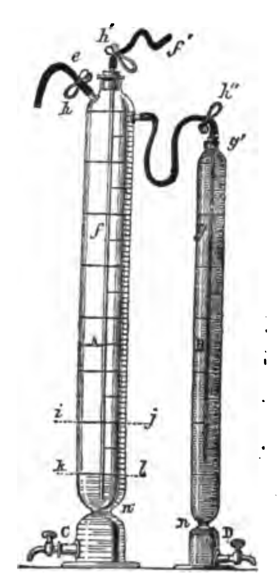


Fig. 114.

L'éprouvette A (fig. 114) peut contenir un volume variable de gaz, depuis 500 cent. cubes jusqu'à un litre, ou même davantage. Elle est graduée en centilitres et demi-centilitres. B offre une contenance dix fois plus petite, et cette seconde éprouvette est graduée en millièmes et demi-millièmes de litre.

A porte un robinet de vidange *c*, un tube *f* plongeant jusqu'à la gorge *n*, prolongé par un tube en caoutchouc *f'* que l'on ferme à volonté à l'aide d'une pince de Mohr *h'*. Une tubulure latérale se prolonge par le tube en caoutchouc *g'* auquel fait suite en B un plongeur *g*. Le tube *g'* se ferme également par une pince de Mohr, et il en est de même du tube *e*.

Soient les deux éprouvettes séparées, et le tube *g'* adapté à A, fermé par la pince *h''*. On ouvre *h'* et *e* et, après avoir adapté *f'* au tube d'un ballon à eau, on fait arriver de l'eau en A de manière à remplir complétement cette éprouvette. On ferme *h'* et *h* et l'éprouvette A est pleine d'eau. Si maintenant on adapte le tube *e* à une petite prise ménagée sur le récipient à gaz, qu'on ouvre *h* et qu'on ouvre un peu le robinet *c*, le gaz pénètre en A en chassant l'eau par *c*. On arrête l'arrivée du gaz en fermant *e* à l'aide de la pince *h*, lorsque l'eau est descendue au niveau *ij*. Il suffit de laisser un peu d'ouverture à *c* pour que, après quelques instants, le gaz descende à un niveau quelconque *kl*, et qu'il se trouve renfermé en A sous une pression égale à celle de l'atmosphère. On ferme *c* et l'on sépare le tube *e* de la prise. On adapte alors *g'* à B après avoir eu soin d'introduire dans cette éprouvette une solution de potasse caustique qui doit la remplir.

A ce moment, on ouvre *h''* et l'on fait arriver de l'eau en A par *f*. Le gaz est comprimé et va barboter en B dans la solution alcaline à laquelle il abandonne son acide carbonique. On a ouvert de très-peu le robinet D, et la solution de potasse est chassée peu à peu par ce robinet, à mesure que le mélange gazeux s'élève dans l'éprouvette B, après s'être dépouillé de son acide carbonique. Lorsque l'on a fait passer en B assez de gaz pour que cette éprouvette soit remplie à moitié de résidu gazeux, on ferme *h'* et *h''*, on ouvre *c* de très-peu et l'on maintient D un peu ouvert, jusqu'à ce que les colonnes liquides intérieures se soient mises en équilibre avec la pression atmosphérique. On ferme alors ces deux robinets et on lit sur les échelles les résultats de l'observation.

Soit le volume de gaz primitif dans l'éprouvette A de 350 centimètres cubes, à la pression atmosphérique, avant qu'on en ait fait passer en B. La pression étant ramenée au point de départ, on trouve que ce volume n'est plus que de 225 centimètres, et l'on constate que l'on a envoyé en B 125 cen-

timètres cubes du gaz examiné. Or, après que la pression normale a été rétablie en B, on trouve que le volume gazeux n'est que de 96 centimètres cubes.

On en conclut que les 125 centimètres cubes de gaz-mixte renfermaient 29 centimètres cubes de gaz acide carbonique qui ont été absorbés par la potasse et que la richesse de ce gaz mixte est de 23,68 0/0 en volume.

La pratique de ce procédé et l'emploi de l'appareil qui vient d'être décrit sont d'une très-grande facilité et d'une extrême rapidité d'exécution, une expérience ne demandant pas plus de cinq à six minutes, pourvu que l'on ait eu le soin de faire adapter sur un point du passage du gaz un petit robinet de prise qui facilite l'introduction du gaz en A. La précision est aussi grande qu'on puisse le désirer et l'appareil peut s'établir à très-bas prix. Nous préférons très-nettement un procédé de ce genre, accessible à tout le monde, praticable par les moins expérimentés, et nous ne concevons pas comment on s'amuse, à plaisir, à augmenter les difficultés de ces petites vérifications journalières.

Décoloration du jus. — Les jus traités par la chaux et l'acide carbonique ont perdu une partie notable de leurs principes minéraux et organiques différents du sucre dans les deux opérations que nous avons décrites. Les alcalis ont été changés en carbonates. Le jus est décoloré, à peine teinté et très-limpide.

Par suite d'un faux raisonnement, on a imaginé d'enlever les dernières traces de la matière colorante ou d'essayer de les enlever par le noir d'os. Il a été dit précédemment que la décoloration par le *noir neutre* serait une bonne opération dans le cas où les jus seraient soustraits à toute cause de coloration ultérieure, et nous avons fait voir qu'on ne peut atteindre ce *desideratum* que par l'élimination ou la transformation des alcalis. Malheureusement ces idées rationnelles ne sont pas encore adoptées par la fabrication dite perfectionnée, dont la pratique se borne à filtrer sur le noir, sur beaucoup de noir, dans le but de séparer la matière colorante, les sels et la chaux. Nous complétons ce qui a été exposé à ce sujet.

L'appréciation de la décoloration produite par le noir peut être facilement obtenue à l'aide des différents calorimètres.

Voici cependant une marche très-commode dont nous faisons fréquemment usage et qui nous donne des résultats aussi approchés que possible. Nous prenons deux burettes graduées, très-étroites, de diamètre égal, dont la graduation indique les demi-centimètres cubes. Dans l'une de ces burettes nous introduisons cinq centimètres cubes (10 demi-centimètres ou 10 volumes) de la liqueur donnée, avant le traitement par le noir. Dans l'autre, nous mettons le même liquide filtré, au moment de la filtration où il nous convient de faire notre vérification. En comparant à l'œil nu les deux liquides, on trouve une différence de teinte sensible; le liquide non filtré étant plus coloré que la liqueur filtrée.

On ajoute alors de l'eau ordinaire au premier liquide, jusqu'à ce que, en comparant les deux teintes, devant une feuille de papier blanc, on les trouve parfaitement identiques. Il suffit alors de lire sur l'échelle de graduation le nombre relatif à l'augmentation de volume qui a ramené l'égalité de teinte pour avoir un chiffre indicateur du degré de décoloration du liquide filtré. Supposons, par exemple, qu'il ait fallu ajouter 48 centimètres cubes (96 demi-centimètres ou 96 volumes) d'eau ou liquide non filtré pour lui donner la teinte du liquide filtré, on peut conclure que celui-ci a subi une décoloration proportionnelle à 96, c'est-à-dire au nombre de volumes d'eau ajoutés.

Walkhoff recommande précisément une marche semblable, mais il exprime ses résultats d'une façon diflérente : son chiffre de décoloration se compose de la somme du volume primitif et du volume de l'eau additionnelle, en sorte que la décoloration ci-dessus indiquée s'exprimerait par $10+96=106$, ce qui revient absolument au même. Ce moyen est très-facile et très-pratique.

Nous conservons cependant notre base de graduation, parce qu'elle n'indique qu'un seul élément, celui du volume d'eau ajouté pour rétablir l'égalité de teinte, le volume primitif 10 restant fixe dans tous les cas, et n'ayant pas à intervenir dans l'expression du résultat.

Toutes circonstances égales, on peut admettre que le bon noir neuf, produit de quatre à cinq fois plus de décoloration que le vieux noir revivifié, celui-ci donnant un chiffre de 8 à 10, pendant que le premier donne de 50 à 52.

En ce qui concerne l'influence de la quantité de noir employée, elle est très-facile à observer.

La décoloration croît avec la quantité du noir, mais cependant l'effet produit n'est pas proportionnel à l'augmentation. En agissant avec un même noir, pendant un même temps (15 minutes), sur un jus de même provenance, nous avons trouvé expérimentalement :

Avec 10 de noir	pour 100 de jus,	décoloration,	9
— 20	—	—	12
— 30	—	—	21
— 40	—	—	29

D'après Walkhoff, le chiffre de décoloration par 50 p. de noir et 100 de jus serait de 56 de notre échelle (66 W.).

Pratique actuelle de la filtration sur noir. — C'est encore le filtre Dumont, modifié selon l'indication de la fig. 22 (p. 160) qui est employé dans les fabriques ordinaires, et tous les perfectionnements apportés par la pratique moderne reposent plutôt sur des détails qu'ils ne s'adressent à quelque point essentiel de ce travail.

Une des modifications les plus importantes du filtre à noir a consisté à en faire un vase clos dans lequel la filtration s'opère sous une certaine pression. Le résultat cherché par ce changement est de forcer le passage des liquides à travers la masse du noir. Un second perfectionnement repose sur la sortie des liquides par un tube syphoïde, de manière à maintenir la masse liquide en contact avec la masse du noir. Enfin, on a disposé les filtres en *batterie* ou en *circulation*, et le liquide, sortant d'un premier filtre, entre dans un second, puis dans un troisième, quelquefois même dans un quatrième. La figure 115 représente un filtre à pression, fonctionnant seul. Le dessin est en coupe verticale.

Au fond du cylindre se trouve une grille, au-dessus de l'espace *e*. Cette grille présente des interstices assez étroits, et le plus habituellement on la recouvre d'un canevas mouillé ou d'un treillis. En bas et en arrière du filtre, au-dessus de la grille, un trou d'homme *a* permet de faire la vidange du noir épuisé. Un autre trou d'homme *b* ferme hermétiquement l'ouverture du sommet, et c'est par cette ouverture que l'on intro-

duit le noir neuf ou revivifié, ou un mélange de ces deux sortes de noir. Lorsque le filtre est rempli jusqu'au niveau *d*, on ferme *b*, et l'on fait arriver le liquide à traiter par l'un des robinets du système *mn*, à l'aide duquel on peut amener en *c*, et à volonté, du jus, du sirop, de la vapeur ou de l'eau.

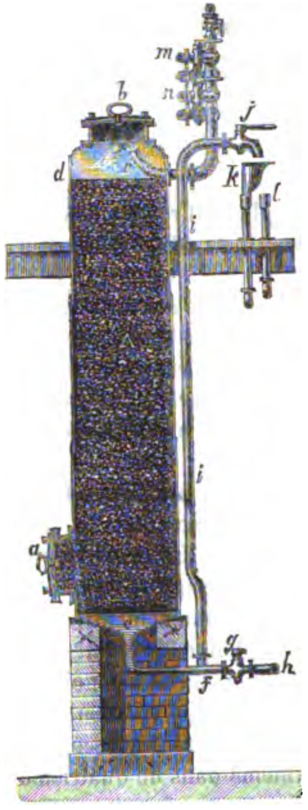


Fig. 115.

Le liquide pénètre dans la masse A, parvient dans l'espace *e* et s'échappe par le tube *f*. Le robinet *g* étant fermé, la liqueur remonte dans le tube syphoïde *ii* et sort par le robinet *j*, pour se rendre dans un caniveau d'abduction. Le tube conducteur diffère selon la nature et la destination des liquides, selon que l'on traite des jus ou des sirops ou que l'on procède au lavage du filtre.

Lorsque plusieurs filtres sont disposés en batterie ou en circulation, le tube *i* sert à conduire les liquides d'un premier filtre dans un second, etc.

On emploie encore assez fréquemment des filtres ouverts au sommet et qui agissent, par conséquent, sans pression. La figure 116 donne un exemple de cette construction par un dispositif établi dans les ateliers de la maison Brissonneau, de Nantes.

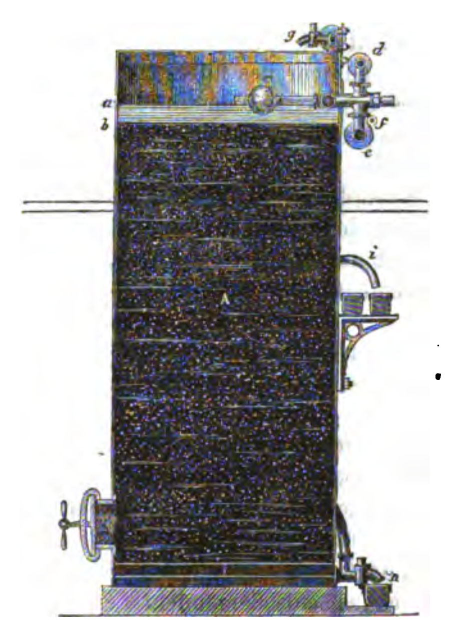


Fig. 116.

On voit, par la figure, que l'arrivée des jus ou des sirops est réglée par un flotteur *c* qui agit automatiquement. Le tube syphoïde *i* ne s'élève, d'ailleurs, qu'aux trois cinquièmes de la hauteur du filtre.

Quelle que soit la disposition adoptée, lorsque le noir cesse d'avoir une action suffisante, on arrête la marche du filtre en supprimant l'arrivée du liquide et en procédant au *dégraissage*, c'est-à-dire au déplacement du liquide sucré qui est contenu dans les pores du noir. On ne laisse pas fonctionner un filtre plus de six heures en moyenne pratique.

Choix de la forme des filtres. — Les observations les plus concluantes démontrent que la forme même des appareils de filtration est loin d'être indifférente pour l'obtention du résultat cherché. Un filtre, dans lequel la hauteur est plusieurs fois plus grande que le diamètre, donne lieu à une action plus énergique qu'un autre vase de même capacité et de plus grand diamètre. La raison en est que les couches supérieures de noir s'emparent d'une plus grande quantité de matières étrangères et que la portion qui est au-dessous conserve encore toute son activité, bien que le haut soit déjà épuisé en partie. On peut cependant obvier à la faible hauteur des filtres en réunissant en batterie plusieurs de ces appareils. D'un autre côté, l'emploi du noir étant donné, nous préférons les filtres clos (fig. 115) aux filtres à air libre. Dans les premiers, on peut exercer une pression sur le liquide et employer la vapeur dans ce but, comme aussi pour le travail du dégraissage. Cet emploi de la vapeur n'est pas possible avec les filtres à air libre, et ces derniers ont encore l'inconvénient de favoriser puissamment la fermentation.

C'est donc aux filtres fermés qu'il convient de donner la préférence dans une installation régulière.

Dimensions des filtres. — Les bases du calcul relatif au nombre et à la capacité des filtres reposent sur divers éléments dont il importe de tenir compte. On emploie habituellement 200 kilog. de noir pour 1,000 kilog. de racines, dans les diverses phases de la fabrication, pour le traitement des jus et des sirops. Les jus seuls demandent l'emploi de 120 kilog. pour 880 kilogrammes de liquide, et les sirops qui en proviennent sont traités par 80 kilog. de noir.

D'autre part, la durée d'activité du noir est de six heures au plus dans de bonnes conditions.

Ainsi, la décoloration, qui est de 100 à 110 pendant la première heure du travail, tombe à 70 dans la troisième heure et à 8 ou 10 dans la sixième. Il peut être avantageux, dans certains cas, de changer les filtres après trois heures de travail...

Si, donc, on traite par jour 100,000 kilog. de racines, produisant 88,000 kilog. de jus, on aura à faire passer cette quantité sur 10,560 kilog. de noir en 22 heures. Ce serait un débit de 67 litres par minute, *dans un seul filtre*, qui aurait 10^{mc},560

pour le noir et qui contiendrait 60 0/0 de liquide ou 6,336 litres dans les vides et interstices. Cette condition n'est pas possible matériellement. Si l'on y substitue deux filtres, chacun devra avoir une capacité de 5^{mc},280, contenir 5,280 kilog. de noir, 3,168 litres de liquide interposé, recevoir et débiter 33^{lit},5 par minute. De telles dimensions seraient admissibles à la rigueur; mais, comme la condition rigoureuse de la filtration dont nous parlons est de faire passer le jus sur une proportion de noir suffisante, pendant un temps convenable déterminé expérimentalement, le calcul peut être poussé plus loin et être conduit à ses dernières limites.

Avec 4 filtres, un volume de 2^{m},14, avec 2,140 hilog. de noir, par un débit de 16^{lit},75 par minute, serait suffisant pour le travail de 100,000 kilogrammes de racines. Avec 8 filtres, le volume de chaque filtre, tenant 1,070 kilog. de noir, serait de 1^{mc},07, et le débit serait réduit, pour chaque filtre, à 8^{lit},37 par minute.

On pourrait se contenter de filtres de 0^{mc},535 litres tenant 535 kilog. de noir et débitant 4^{lit},18 par minute, si l'on portait le nombre de ces vases au double, ce qui ne présenterait aucune difficulté pratique.

On voit, par ce qui précède, combien il est peu rationnel d'exagérer les dimensions, ou plutôt la capacité des filtres à noir, dont on doit régler le volume et le nombre d'après la quantité de jus à traiter et la proportion de noir que l'on veut employer.

En dehors de cette première considération, on peut encore se rendre compte de la possibilité de faire de cette opération de la filtration un travail méthodique et régulier: Supposons toujours notre fabrication de 100,000 kilog. et, pour sacrifier au goût du jour, admettons que l'on traite le jus par le double de noir, c'est-à-dire par 24 0/0. Il est facile d'établir un dispositif continu qui satisfasse aux exigences de la fabrication. On établit dix filtres de 2^{m},20 cubes, que l'on dispose en batterie deux à deux. Le débit de chaque batterie est fixé à 16^{lit},75 par minute, et il y a une des cinq batteries en dégraissage et en vidange pendant que les quatre autres fonctionnent, en sorte que le renouvellement total a lieu en cinq heures. Des filtres de 0^{m},80 de diamètre sur 4 mètres de hauteur rempliraient le but d'une manière très-convenable. Si l'on voulait se borner à la

quantité de noir ordinaire, les dimensions pourraient être réduite à $0^m,60$ pour le diamètre et $3^m,60$ pour la hauteur.

On voit que l'on peut encore réduire le diamètre des filtres, si l'on augmente le nombre des vases de chaque batterie ou, encore, si l'on renouvelle plus souvent le noir.

Ces observations permettent de se contenter d'un minimum raisonnable pour la capacité des filtres à noir, et elles font voir que les dimensions adoptées dans un grand nombre de fabriques ne sont motivées par aucune raison de technologie.

Marche du travail dans les filtres. —Lorsque l'on fait arriver du jus dans un filtre neuf, on observe d'abord une décoloration notable de la liqueur, et une diminution sensible des substances étrangères au sucre. Cet effet ne se continue pas malheureusement longtemps et, dès la fin de la première heure, le travail est déjà modifié. Après six heures, l'action du noir sur les matières colorantes et sur les substances étrangères au sucre n'est plus assez nette pour que l'on prolonge le travail avec avantage, et il est nécessaire de changer le noir.

On admet que le jus normal de betteraves contient, sur 100 parties de matières solides, 80 de sucre et 20 de matières étrangères. Il est clair que plus la proportion de ces dernières sera diminué et plus on augmentera le *rendement sucre* du jus filtré, et personne ne songe à contester ce fait.

En laissant de côté la décoloration, on trouve que la richesse en sucre, relativement au reste des matières solides, est proportionnelle, *jusqu'à un certain point*, à la quantité de noir employée; en sorte que l'on a pu signaler une augmentation dans la teneur du jus en sucre sur 100 parties de matières solides, conforme aux indications moyennes suivantes, en partant du jus normal, non filtré, à 80 0/0 de richesse relative :

Jus normal non filtré, richesse relative,			80 °/o
— filtré sur 10 °/o de noir		—	81,5 °/o
—	20 °/o	—	82,00
—	30 °/o	—	83,00
—	40 °/o	—	84
—	50 °/o	—	84,5 °/o

Sans qu'il soit besoin de faire observer que l'augmentation de richesse ne suit pas exactement la même progression que l'aug-

mentation de la quantité de noir, il convient d'ajouter à ce fait que l'influence de la durée du travail doit être prise en sérieuse considération. En outre de la diminution progressive de la décoloration, l'absorption des matières étrangères décroît assez rapidement, dans le rapport très-approché de 1 0/0 par heure, à partir de l'effet initial produit, lequel ne conduit à 90 de sucre, pour cent de matières solides, qu'avec des jus d'une bonne qualité exceptionnelle.

Beaucoup de praticiens font d'abord passer des sirops sur les filtres neufs pendant deux heures.

Après ce temps, on supprime l'arrivée des sirops; on les remplace par du jus qui déplace le sirop, et la filtration du jus se continue pendant quatre heures, jusqu'à ce que le filtre n'ait plus une action suffisante.

D'autres sont opposés à cette marche dont l'avantage consiste à déplacer les moindres parties des sirops, à ne faire qu'un seul travail et à obtenir, par conséquent, une certaine économie de main-d'œuvre. Ils donnent pour raison de leur opinion que le jus, passant sur le filtre neuf, acquiert une richesse relative plus considérable que si on le fait succéder au sirop; ils ajoutent, avec une certaine apparence de justesse, que les jus, filtrés à la suite d'un sirop, agissent comme de l'eau de dégraissage par rapport à ce sirop, et qu'ils redissolvent une partie des matières que le noir avait enlevées. Walkhoff chiffre les résultats et il donne, comme richesse moyenne relative du jus filtré sur un filtre neuf le nombre 86,9 0/0, tandis que le jus succédant au sirop n'atteindrait que 85 0/0.

Nous ne savons si nous sommes égaré par quelque fausse prémisse, mais il nous semble que cela n'est qu'apparent et spécieux. Pour bien étudier les avantages qui peuvent résulter de la filtration des jus et des sirops sur des filtres différents, il convient de faire masse, pour les uns et les autres, de la teneur en sucre et en matières étrangères dans les produits de la filtration et du dégraissage, afin de savoir quelle est la richesse moyenne des sirops et de leur dégraissage, et celle des jus et de leur dégraissage. Nous n'entendons rien infirmer cependant par cette observation, mais il nous semble que, dans la masse du travail, le dégraissage des sirops doit se faire régulièrement par le jus. Au reste, pour satisfaire à toutes les exigences, ne serait-il pas convenable d'établir un filtre ou une batterie, dont

le travail consisterait à recevoir les jus qui auraient filtré après le sirop? De cette manière, on atteindrait assez facilement la richesse relative demandée à l'action du noir.

Dégraissage. — Lorsque l'action du noir contenu dans les filtres n'est plus aussi nette, qu'elle ne produit plus des effets de purification suffisants, on cesse de faire arriver du jus ou du sirop sur ce noir et l'on introduit de l'eau dans le vase afin de déplacer la solution sucrée. Cette eau de lavage pénètre par le haut, forme une sorte de couche de clairçage au-dessus du liquide primitif, qu'elle chasse progressivement, en dissolvant une partie des matières dont le noir s'est pénétré. On conçoit, d'après cela, que le dégraissage doit être assez lent, si l'on veut épuiser le noir des matières solubles qui sont retenues dans les pores de la matière. C'est un véritable déplacement, une sorte de macération que l'on opère, et il ne suffitpas de laver les plans extérieurs des grains de noir, il faut que le liquide de déplacement pénètre ces grains et en chasse le liquide sucré par un phénomène de substitution.

On conduit le dégraïssage jusqu'à ce que le liquide sortant n'accuse plus à chaud qu'une densité de 0° à l'aréomètre, mais cette indication n'est pas une preuve suffisante de l'épuisement de la matière, si le traitement n'a pas été assez lent pour que la pénétration soit complète.

On continue à envoyer avec les jus ou les sirops, pendant le dégraissage, les premières portions qui sortent avec la même densité et qui ne se sont pas mélangées avec l'eau de déplacement. Lorsque la densité commence à s'abaisser, les produits sont recueillis à part; ce sont les *eaux de dégraissage*, qui sont beaucoup plus impures que les jus, et qu'il convient de traiter seules, afin de ne pas introduire de nouveau les impuretés soustraites par le noir dans les jus purifiés.

Dans la pratique, on fait passer 5 parties d'eau sur une partie de noir; on en recueille deux parties comme eaux de dégraissage et l'on perd le reste. Cette circonstance n'est pas en faveur de l'emploi du noir, et l'on doit voir combien de nouvelles causes de perte cet agent apporte à la fabrication. Perte de jus dans les pulpes, perte dans les dépôts de défécation et de saturation, perte dans les petites eaux de dégraissage, perte relative à la proportion de jus qui reste mécaniquement dans

le noir (5 0/0); toutes ces pertes réunies s'élèvent à un chiffre considérable et démontrent que, malgré certaines prétentions, la fabrication est loin encore de la perfection.

Un instrument de vaporisation analogue au concretor de Fryer, qui utiliserait les chaleurs perdues des carneaux et produirait, sans frais, la concentration des petites eaux, rendrait à la fabrication un grand service, en permettant d'utiliser toutes les eaux de lavage et en diminuant la proportion des pertes. Mais encore faut-il admettre que ces eaux, renfermant trois fois plus d'alcalis que le jus, ne donneraient que des produits de basse qualité, dont on n'extrairait une partie du sucre qu'avec difficulté. Dans la première heure du dégraissage, la richesse relative est de 77 de sucre sur 100 de matières solides; elle tombe vers 70 à 71 0/0 dans la seconde, en sorte que la masse, provenant de ces eaux, est beaucoup moins pure que le jus non filtré.

Dans quelques fabriques, on fait arriver sur le noir un poids d'eau chaude à peu près égal à celui du noir, puis on introduit de la vapeur qui chasse cette eau, et on laisse la condensation se faire dans le filtre. Cette marche serait préférable, en ce sens que le noir serait mieux épuisé, avec moins d'eau, si l'on complétait l'opération par le passage d'une certaine quantité d'eau chaude, qui déplacerait la solution sucrée provenant de la condensation de la vapeur. Mais encore, dans tous les cas, l'épuisement est loin d'être complet.

Observations sur l'action du noir. — Les idées les plus contradictoires ont été émises à propos de l'action du noir, depuis les recherches de MM. Bussy et Payen. Tous les fabricants français emploient le noir comme agent de décoloration, malgré les objections qu'ils formulent eux-mêmes contre les inconvénients de son emploi et qui peuvent être résumés en quelques lignes.

L'emploi du noir exige un matériel et une main-d'œuvre considérables pour la filtration, le dégraissage des filtres, le lavage et la revification; c'est une fabrique dans la fabrique, sans parler de la malpropreté que cet agent entraîne forcément, de la perte en jus et en sirop qui résulte de la filtration.

Il est loin de procurer d'une manière certaine les bons effets que l'on annonce, car la saturation simple enlève autant de matières étrangères qu'une filtration sur 40 0/0 de noir, et la

coloration se reproduit de plus en plus intense, après l'action du noir, tout le temps que les alcalis ne sont pas éliminés ou transformés, ce qui n'a lieu actuellement, par le fait, qu'en raffinerie.

C'est surtout en Allemagne que des rêveurs ont chanté le noir sur tous les modes.

Non-seulement il décolore, ce que nous admettons avec tout le monde, mais les docteurs germaniques proclament que, plus on emploie de noir, plus on fait de sucre, et plus les opérations sont faciles, ce qui est faux ou très-exagéré. Les uns disent qu'il absorbe jusqu'à 30 0/0 des alcalis, 60 à 61 0/0 de la chaux, dont il prendrait jusqu'à 4 0/0 de son poids. On affirme qu'il élimine 30 0/0 des matières azotées du jus, etc.

En fait, il convient, dans l'intérêt des fabricants, de rechercher quelles sont les données les plus vraies à l'égard de tout ce verbiage, sans s'arrêter à des allégations fantaisistes. Ce serait presque à faire croire que certains spécialistes ont une *prime* dans la fabrication du noir d'os...

Nous pourrions éviter toute discussion à ce sujet en rappelant que, dans les *masses cuites*, on trouve une proportion de matières étrangères telle, que les programmes relatifs aux effets du noir sont très-sensiblement amoindris ; mais nous préférons entrer dans quelques détails dont l'examen fournira la preuve de la très-faible efficacité du noir, d'après ses plus chauds partisans eux-mêmes.

Nous reconnaissons que le noir absorbe une partie des matières minérales des jus, très-variable selon les circonstances et selon la nature même de ces matières, mais nous sommes loin d'admettre le germanisme de Stammer, suivant lequel le noir absorberait jusqu'à 30 0/0 de sels dissous dans le jus.

Walkhoff a organisé une série d'expériences importantes au sujet de l'absorption des sels par le noir. Ces expériences, très-bien faites, consistaient à faire filtrer, sur 25 p. de noir, 200 p. de solution tenant 2 p. de sels. La proportion de sels restée dans le liquide filtré et dans le produit du lavage du noir (dégraissage) donnait, par différence, la proportion de sels qui avait été absorbée.

Des données obtenues par cette marche rationnelle, il a déduit la proportion de sels restée dans le jus et celle qui se trouve dans la masse cuite, en calculant le rendement de celle-ci

par 1/8 du jus, ce qui est conforme à la pratique. A l'aide des chiffres les plus intéressants de ce spécialiste et de nos propres résultats, nous établissons les éléments du tableau suivant, qui ne peut manquer de présenter une grande utilité dans la pratique.

SELS OBSERVÉS, quantité dissoute dans 100 parties de solution : 1 partie.	PROPORTION absorbée par le noir, 25 parties sur 100 de solution.	QUANTITÉ restant dans 100 parties de jus.	QUANTITÉ restant dans 100 parties de masse cuite.
Potasse.	0,165	0,835	6,680
Soude.	0,125	0,875	7,000
Carbonate de potasse.	0,235	0,765	6,120
Carbonate de soude.	0,182	0,818	6,544
Phosphate de potasse.	0,334	0,666	5,328
Phosphate de soude.	0,300	0,700	5,600
Azotate de potasse.	0,062	0,938	7,504
Azotate de soude.	0,054	0,946	7,568
Sulfate de potasse.	0,215	0,785	6,280
Sulfate de soude.	0,196	0,804	6,432
Chlorure de potassium.	0,019	0,981	7,848
Chlorure de sodium.	0,010	0,990	7,920

Mentionnons quelques observations de Walkhoff que nous n'avons pas eu occasion de vérifier et qui complètent les données de ce tableau.

50 de noir pour 100 de liquide absorbent 20 0/0 de la potasse dissoute et 37 0/0 du carbonate de la même base. Le même observateur a constaté l'absorption de 43,2 0/0 de phosphate de potasse et de 49 de magnésie (sulfate). Les premiers de ces chiffres sont à noter en ce sens qu'ils démontrent un fait important, savoir : que l'absorption des sels n'est pas en rapport avec la proportion de noir employé, puisque 50 grammes de noir n'absorbent pas même le double de la quantité absorbée par 25 grammes.

En somme, le noir n'absorbe que des quantités insignifiantes de chlorures et de sels alcalins, et l'on vient de voir que les azotates ou les nitrates ne présentent pas non plus une très-grande tendance à être absorbés par le charbon animal.

Le premier de ces faits nous servira à faire voir le défaut du procédé de Michaëlis, dont il a déjà été question, et le second

fait comprendre l'absurdité des théories de M. G. Ville et le tort incalculable que peuvent causer les fumures par les nitrates, employées pour les plantes sucrières, sur les conseils de l'expérimentateur de Vincennes ou d'autres agriculteurs du même genre.

M. Ville conseille d'appliquer les nitrates alcalins à la culture des plantes à sucre. La chimie vient dire qu'on ne possède pas de moyens d'élimination de ces sels, qu'ils engagent six à sept fois leur poids de sucre, et la pratique manufacturière ajoute que, même par l'emploi de beaucoup de noir, elle ne peut séparer les nitrates des jus... Il semble que la question est jugée au point de vue du bon sens pratique et que les fabricants n'ont qu'à faire leur choix.

Relativement à l'absorption de la chaux par le noir, nous devons avouer qu'il reste bien des points à éclaircir. En effet, il est constaté que les couches supérieures d'un filtre retiennent beaucoup plus de chaux que les couches plus profondes, et si l'on admet que 100 parties de noir peuvent absorber une quantité de sels calcaires représentant 0,9 de chaux caustique anhydre, on n'attache plus d'importance à l'absorption de la chaux par le noir, depuis que la pratique a adopté pour la séparation de la chaux l'emploi si commode de l'acide carbonique.

Nous relevons, à ce propos, l'opinion de Walkhoff, qui trouve plus rationnel d'enlever la chaux après la saturation par l'acide phosphorique ou par tout autre moyen inoffensif. Il déclare que *le noir ne joue qu'un rôle insignifiant dans la séparation de la chaux*, en sorte que cette propriété ne peut servir comme procédé d'appréciation du noir [1].

Il a été exposé précédemment, dans l'étude des principes généraux de la fabrication, que l'auteur allemand dont nous venons de parler, tout en reconnaissant l'importance de la transformation des alcalis, préférerait voir employer quelque moyen d'élimination de ces corps. Il considère cette séparation comme une sorte d'objectif à présenter aux recherches des

1. Den nach Saturation bleibenden Rest des Kalkes könnte man dann rationneller durch Phosphorsäure oder ein anderes unschädliches Mittel entfernen. Da die Kohle also bei der Entkalkung höchstens eine Nebenrolle spielt, so kann diese Eigenschaft nicht zur Werthbestimmung dienen. (W., *Op. cit.*, p. 496.)

chimistes. En nous bornant au raisonnement pur et simple, nous partagerions cette manière de voir; mais, en fait, nous regardons l'exécution de ce rêve comme tout à fait impossible.

Walkhoff revient encore sur ce thème dans un autre passage de son livre et, sous l'impression, sans doute, de certaines théories allemandes, il part de ce que le noir absorbe de 13 à 24 0/0 des alcalis du jus pour réclamer contre la transformation de ces matières, et dire qu'il faudrait un agent de séparation qui pût au moins enlever autant d'alcalis que le noir, si l'on voulait supprimer celui-ci. Nous pensons que cet écrivain commet ici une erreur involontaire et, pour le démontrer, nous nous servirons des chiffres de ses expériences personnelles.

Sur 1,000 kilog. de jus, étant donnée une teneur en alcalis de $\frac{5+14}{2} = 9,5$ en moyenne, il faut 500 kilog. de noir (50 0/0) pour absorber 20 0/0 du chiffre des alcalis; 25 grammes de noir ont absorbé 13,5 0/0 sur 2 grammes, c'est-à-dire 27 centigrammes. Il faut donc, par l'emploi de 12,5 de noir, compter que 100 p. de ce noir n'absorbent que 1 p. d'alcalis, tandis que l'absorption est doublée lorsqu'on emploie 50 0/0 ou quatre fois plus de noir. En employant un maximum de 500 kilog. de noir pour 1,000 kilog. de jus, on fera absorber par ce noir 20 0/0 ou 1,90 d'alcalis. Soit ce chiffre exact, puisqu'il répond à 20 0/0 des alcalis et à 50 0/0 de noir, ce qui est la base adoptée par notre auteur. Nous disons donc que 500 kilog. de noir, sur 1,000 kilog. de jus, absorbent 20 0/0 des alcalis ou $\frac{9,50}{5} = 1,90$; c'est le chiffre admis par les écrivains allemands et par Walkhoff en particulier.

Si l'on ne se sert pas d'abord de noir et que l'on transforme les $9^k,50$ de potasse en phosphate alcalin, on aura $25^k,678$ de phosphate de potasse et, d'après Walkhoff, le noir absorbera 13,2 0/0 de ce sel. Si l'on emploie le noir, après la transformation de l'alcali en phosphate, on séparera donc $11^k,093$ de ce phosphate, et il en restera $14^k,585$ dans le jus, lorsqu'il serait resté $7^k,60$ de potasse, dans le cas d'emploi du noir, sans transformation préalable.

C'est justement sur ce point qu'il convient d'apporter la plus

scrupuleuse attention. L'unité de phosphate ne peut engager que son poids de sucre, tandis que l'unité de potasse, non transformée, s'oppose à la cristallisation de *six unités* de sucre, d'après Walkhoff lui-même (p. 36). Il en résulte très-clairement ceci que, malgré l'emploi d'une quantité énorme de 30 0/0 de noir, les 7k60 de potasse restée dans le jus immobiliseront ou pourront immobiliser 45k,6 de sucre, tandis que, par la transformation préalable des alcalis et l'emploi ultérieur du noir, l'immobilisation ne peut dépasser 14,85 et que la perte en sucre engagé est moindre de deux tiers. Nous en concluons que la véritable place du noir est après la transformation des alcalis en phosphates, et que cette marche est d'autant plus rationnelle que, dans ce cas, le noir produit tout son effet utile, la coloration ne pouvant plus se reproduire dans la suite d'un travail régulier.

Un spécialiste allemand, Michaëlis, prétend que la filtration sur le noir enlève au jus de betterave 20 0/0 de ses matières azotées; mais cette affirmation ne paraît pas être susceptible d'une généralisation.

A l'égard de la propriété décolorante des noirs, nous devons faire observer qu'elle ne présente aucune importance relativement au résultat final qui est l'extraction du maximum de sucre.

Dans tous les cas, on ne manque pas d'agents plus énergiques que le noir pour produire la décoloration des jus. Les précipités formés par la chaux, l'acide carbonique, les phosphates solubles, l'alumine, etc., décolorent plus que le noir, et un grand nombre de charbons préparés par des moyens artificiels sont beaucoup plus actifs, d'après les expériences déjà anciennes de M. Bussy et celles plus récentes de Musspratt.

Les chiffres indiqués par ce dernier permettent de ranger les corps suivants dans un ordre décroissant par rapport à leur propriété décolorante :

Noms des corps.	Coefficient du pouvoir décolorant.
Noir animal calciné avec le carbonate de potasse........	20,0
Sang calciné avec le carbonate de potasse.............	20,0
Albumine calciné avec le carbonate de potasse.........	15,5
Gluten calciné avec le carbonate de potasse...........	15,5
Sang calciné avec la craie...........................	11,0
Noir de pin calciné avec le carbonate de potasse.......	10,6

Sang calciné avec le phosphate de chaux...............	10,0
Huile calcinée avec le phosphate de chaux...............	1,9
Noir animal traité par l'acide chlorhydrique...........	1,6
Noir animal ordinaire...............................	1,0

En présence des données qui précèdent, on sent qu'il n'est guère possible de s'obstiner à soutenir cette thèse de la nécessité du noir pour la décoloration. Aussi les partisans du noir l'abandonnent-ils pour se rejeter sur la propriété absorbante, sur le pouvoir d'absorber et de retenir les matières minérales. Les observations précédentes font voir ce qu'on doit penser sérieusement de tout cet imbroglio, dont il semble qu'on se fasse un plaisir d'embarrasser la sucrerie.

On reconnait qu'il arrive souvent que des sirops colorés fournissent plus de sucre que des sirops moins colorés, la matière colorante n'existant qu'en proportion infinitésimale dans les jus et n'ayant pas d'action sur le sucre; on avoue que l'acide carbonique suffit à éliminer la chaux, que la décoloration peut se faire par d'autres substances, mieux que par le noir; on admet que le noir n'absorbe que 1/5 au plus des sels du jus en traitement, et l'on s'obstine à employer une marche aussi peu rationnelle, par habitude ou par routine. La fabrication n'a pas fait un pas sous ce rapport, si ce n'est dans le sens opposé à la raison, dans l'exagération des quantités de noir à employer.

Au fond, l'emploi d'une matière décolorante et absorbante, telle que le noir, peut être considéré comme avantageux sur des jus privés d'alcalis ou soustraits à leur influence. Hors de ce cas, c'est dans la pratique de cette mesure que se trouve la faute capitale de l'industrie sucrière.

Vérification du noir. — Le meilleur noir étant le plus léger, nous avons trouvé que le poids d'un litre de noir neuf, en grains, est de 765 à 773 grammes pour la fabrication française. En mesurant un litre de noir, non tassé, et prenant ensuite le poids commun du contenant et du contenu, il suffit de déduire le poids du vase, taré au préalable, pour que l'on puisse déterminer le poids du litre de cette matière.

Le noir qui pèse 1,200 à 1,210 grammes par litre n'a pas d'action ou n'a qu'une action insignifiante. La limite de poids du litre varie entre 765 et 950 grammes pour les noirs de bonne

qualité; en sorte que plus un noir donné se rapproche de la première de ces indications, plus il est léger et meilleur il est dans l'application.

Nous pensons que cette appréciation d'un noir par la constatation de son poids relatif, jointe à la vérification de sa teneur en charbon (p. 335), constitue la pratique la meilleure et la plus simple à suivre.

En ce qui concerne le dosage direct de la chaux du noir, il importe, si l'on veut obtenir cette détermination d'une manière suffisante, de ne pas s'arrêter à un procédé recommandé par Schatten, et qui consiste dans le traitement du noir essayé par l'acide acétique, qui ne dissoudrait, dit-il, que le carbonate de chaux et la chaux. C'est une erreur. L'acide acétique dissout fort bien le phosphate de chaux, et ce procédé est illusoire. On ne peut en déduire de chiffres admissibles.

Pour se rendre un compte facile et précis, on pèse 20 à 25 grammes de noir, dont on connaît le poids spécifique, la teneur en eau et en charbon, par suite d'une opération précédente; on pulvérise la matière et on la traite à chaud dans une petite capsule par trois fois son poids d'acide chlorhydrique pur étendu d'eau distillée. La dissolution refroidie est filtrée et le filtre est lavé avec soin. On prend le volume du liquide et on le partage en trois parties égales. La première est traitée par un sel de baryte, le nitrate, de préférence. Le précipité formé est du sulfate de baryte dont on déduit la valeur de l'acide sulfurique. La seconde portion est traitée à chaud par l'oxalate d'ammoniaque, afin de pouvoir préciser le poids de la chaux, d'après celui de l'oxalate de chaux.

Enfin, la troisième portion sera neutralisée par l'ammoniaque et l'on ajoutera un excès de sulfate de magnésie. Il se précipitera du phosphate ammoniaco-magnésien qui permettra de doser l'acide phosphorique... Le chiffre de l'acide sulfurique permettra de remonter à celui du sulfate de chaux. Celui de l'acide phosphorique conduira à celui du phosphate de chaux insoluble et, si l'on déduit du chiffre de la chaux la proportion de cette base qui est combinée à l'acide sulfurique et à l'acide phosphorique, on aura la proportion réelle de la chaux libre ou carbonatée.

L'acide carbonique pourra se doser par différence; mais il sera plus exact de recueillir cet acide, au moment du traite-

ment chlorhydrique, dans une solution alcaline, et de le doser à part.

Cette méthode sera comprise par tous les chimistes habitués aux manipulations, sans que nous ayons besoin d'entrer dans des détails plus minutieux. Nous ne pouvons guère, avec la prétention que nous avons d'être raisonnable, admettre les petits procédés, les petits appareils, les petits flacons et les petits tubes, que chaque Allemand un peu en vue propose *sous son nom* pour faire des vérifications qui exigent un *essai de chimie élémentaire*, et l'on voudra bien nous permettre de ne pas être dupe de tant de science, copiée dans les traités d'analyse.

Nous ajouterons, en terminant, que l'on ne peut avoir une appréciation nette de la valeur d'un noir que lorsque l'on en connaît : 1° La teneur en eau; 2° la richesse en charbon; 3° le poids spécifique; 4° la teneur en chaux, en sulfate et en phosphate de chaux; 5° le pouvoir décolorant et le pouvoir absorbant; et ces données indispensables ne peuvent être fournies exactement que par les procédés de la chimie analytique.

Perte en sucre due à la filtration. — Nous admettrons très-volontiers, avec les partisans du noir, que le charbon animal n'absorbe pas de sucre, au moins dans le sens que l'on prétend attacher à cette expression. Il semble, en effet, que l'on se soit proposé de créer une sorte de langue spéciale pour ce cas particulier et que l'on ait voulu, à dessein, confondre les données les plus élémentaires. La potasse, la chaux, les matières albuminoïdes ont diminué dans les jus traités par le noir, et celui-ci en retient une certaine portion, même après des lavages réitérés; donc le noir absorbe ces matières. La proportion de sucre ne diminue pas dans le jus par la filtration, donc le noir n'absorbe pas le sucre. Nous acceptons ce langage, bien qu'il y ait fort à dire à ce sujet et nous acceptons même le fait. On nous permettra cependant de faire observer que si le jus, sortant du noir, n'a pas perdu de sa teneur en sucre, le noir n'a pas moins retenu une certaine proportion de ce même jus, et que les opérations usuelles du dégraissage n'enlèvent pas la totalité de ce jus. S'il s'agissait de la potasse, les amis du noir diraient qu'elle a été *absorbée* pour partie. Il s'agit du sucre, ce n'est plus de l'absorption, c'est une simple opération mécanique.

Or, en pratique, le *noir dégraissé* retient, en moyenne, 5 0/0

du jus, et cette perte se maintient constante, si le dégraissage est bien fait, *avec une proportion d'eau suffisante*, quand même on aurait employé un *excès de noir*...

Cela ne veut-il pas dire que, par un lavage plus complet encore, on pourrait atténuer cette perte? Mais comme, en poussant le dégraissage à ses dernières limites, on retirerait le reste du jus, il est vrai, mais que l'eau de dégraissage enlèverait aussi toutes les matières solubles que l'on veut *faire absorber* par le noir, on est heureux de se rejeter sur des frais d'évaporation, pour prescrire une limite à ce lavage.

Sans cette limite, on verrait que si le noir semble retenir un peu plus énergiquement certaines substances, la vérité est qu'il n'en garde aucune lorsqu'il est *bien dégraissé*. Les seules exceptions à cette proposition sont relatives à la chaux et à quelques matières azotées. La chaux peut se *combiner*, bien que difficilement, à certains éléments du noir; mais le fait est que, sous l'influence du charbon animal, agissant comme matière poreuse, une partie de la chaux se combine à divers principes albuminoïdes, sous une forme insoluble, et que ce phénomène a donné le change aux discoureurs. Quant aux alcalis et au sucre, on peut être fort tranquille. Un dégraissage bien fait en enlèvera *la totalité* au noir.

Soit donc le dégraissage comme il est, mal accompli pour les besoins de la cause et, aussi, parce que, dans les conditions de ce travail irréfléchi, on augmenterait les frais en conduisant le dégraissage jusqu'à l'épuisement. Nous disons que la perte en jus est de 5 0/0 et ce fait est admis, même par les Allemands, pour lesquels le noir est la sauvegarde de la sucrerie.

Sur 88,000 kil. de jus, traités dans un travail journalier de 100,000 kil. de racines, le noir en retient 4,400 kilogrammes, et, par l'emploi du noir, on perd, à 10 0/0 de richesse saccharine, 440 kil. de sucre dont on pourrait extraire, au moins, les soixante-cinq centièmes par une marche sérieuse.

Il y a donc une perte journalière :

En sucre, de	286 kil.
En mélasse, de	154 kil.

Rien que de ce chef, une fabrique de 100,000 kil. de racines perd 286 sacs de sucre par campagne, et 15,000 à 16,000 kil.

de mélasse, c'est-à-dire, au bas mot, ***dix-huit à vingt mille francs!*** Et nous ne mettons pas en ligne de compte les frais d'évaporation des eaux de dégraissage; nous oublions, volontairement, les dépenses énormes causées par le noir, pour l'achat du noir neuf, la revivification, etc.; nous constatons que la ***décoloration apparente***, procurée par le noir, coûte vingt mille francs par campagne et qu'elle ne rapporte rien.

Il convient d'ajouter, pour être complet, que, si le dégraissage n'est pas une véritable lévigation, la perte en jus est proportionnelle avec la quantité du noir employé. Un ***bon*** dégraissage perd ***toujours*** au moins 5 0/0 du jus, quelle que soit la proportion du noir. Avec le dégraissage de tout le monde, c'est-à-dire un dégraissage ordinaire, comme le font les ouvriers habituellement, on perd 3 centièmes du jus par 10 0/0 de noir, 6 par 20 0/0, 9 par 30 0/0, etc., en sorte que plus on emploie de noir, plus on perd de sucre. Si l'on veut obvier à cette conséquence par un dégraissage plus soigné, il faut se demander si les frais causés par les manipulations du noir, l'évaporation des eaux de lavage, la mauvaise qualité des sirops qui proviennent de ce dégraissage, ne constituent pas un passif qu'il est urgent de ne pas perdre de vue.

Nous avouons franchement que, pour nous, une manipulation dont le résultat le plus clair est de faire perdre 200 francs par jour, dans les conditions les moins mauvaises, nous laisserait fort perplexe, et que notre confiance dans les théories allemandes ne serait pas assez robuste pour nous entraîner vers un aussi beau résultat.

Nous lisons dans un livre spécial que l'emploi du noir, dans la proportion de 40 0/0, augmente le rendement en sucre de 66 à 74 par 1,000 kil. L'auteur de ce livre, fort recommandable d'ailleurs, ne nous semble pas avoir réfléchi à son affirmation, ou, plutôt, à la forme qu'il lui a donnée, et nous sommes certain que, si le lecteur ne veut pas admettre nos conséquences par parti pris ou pour toute autre raison, il sera, du moins, obligé de reconnaître la justesse de ce qui suit.

Si l'on trouve que le noir diminue la proportion de matières étrangères au sucre, de manière à permettre de gagner 8 kil. de sucre par 1,000 kil. de racines, il faut reconnaître que ce même noir fait perdre, ***au minimum***, 50 kil. de jus par 1,000 k. de betteraves, c'est-à-dire 5 kil. de matière sucrée. Le gain

prétendu se trouve donc réduit à 3 kilog. Nous demandons si 3 kil. de sucre sont une compensation suffisante pour les frais de tout genre et les ennuis de toute espèce suscités par l'emploi de 40 kil. de noir? Or, nous avons vu que la saturation, qui ne coûte presque rien, que l'on fait quand même, équivaut à l'action de 40 à 50 kil. de noir; nous savons que l'on peut enlever toute la chaux sans noir, séparer les matières azotées sans cet agent incommode, décolorer sans lui, annihiler l'action des alcalis et, en conséquence, nous ne comprenons pas ce que vient faire le charbon animal dans l'industrie sucrière, même en adoptant les propositions de ses plus fidèles partisans.

V. — CONCENTRATION DU JUS PURIFIÉ.

La concentration des jus sucrés a été étudiée avec assez de détails dans le chapitre consacré à l'exposé des principes généraux (p. 168), pour qu'il ne reste qu'à compléter ce qui en a été dit par quelques observations sur les appareils employés dans la fabrication perfectionnée.

La grande fabrication a rejeté toute application du *feu nu* à la concentration des jus, malgré la possibilité d'obtenir de bons résultats de ce mode de chauffage (p. 190 et suiv.). Ce n'est pas une critique que nous formulons sur ce point, et nous nous bornons à constater le fait. La *concentration à la vapeur à l'air libre* est également dédaignée par les grands industriels, depuis l'adoption des appareils à effets complexes agissant avec le vide.

Cette espèce d'ostracisme se comprend en fait, bien qu'il soit complétement dépourvu de motifs plausibles et raisonnables. On s'est bien évertué à prétendre que le sucre redoute moins les altérations à basse température, ce qui est exact. On a bien fait voir que les appareils à effets multiples économisent le calorique, mais on n'a pas dit grand'chose de sérieux. Les jus sucrés bien purifiés, mieux qu'on ne le fait, neutres, ne redoutent pas le moins du monde la température à laquelle on pourrait les soumettre pour les concentrer à l'air libre. Le fait est constaté par une longue expérience industrielle. D'un autre côté, mise à part la petite économie résultant du vide, il est toujours facile d'utiliser toute la chaleur des vapeurs aqueuses qui sor-

tent des appareils, en employant ces vapeurs à l'échauffement des jus.

Quoi qu'il en soit, on prononce condamnation contre la concentration à l'air libre. La vérité est que l'influence des gros chaudronniers a été employée très-habilement pour faire adopter leurs engins et, comme on le sait, la sucrerie travaille pour le chaudronnier et le raffineur. Dans l'impossibilité de remédier à cette situation, sinon par des conseils qui ne seront pas suivis, le mieux est de se borner à résumer les faits.

Calcul de la quantité d'eau à vaporiser par la concentration. — En prenant pour base le traitement de 100 000 kilog. de racines par jour, en 22 heures de travail effectif, nous admettons un rendement moyen de 88 000 kilog. de jus normal, à 10 p. °/₀ de richesse moyenne, c'est-à-dire contenant en tout près de 11 centièmes de matières solubles.

Pour ramener ce jus à la richesse de 50 p. °/₀ par 27° B (= 1238,5 densité), il faut vaporiser, sur 100 kilog. de jus, 100 — (11 × 2) = 78 kilogrammes. Cette proportion conduit à 78 × 880 = 68 640 kilogrammes d'eau à vaporiser par jour de 22 heures, ou à 3 120 kilog. par heure, pour obtenir 19 360 kilog. de sirop à 50 p. °/₀ par jour ou 880 kilogrammes par heure.

Comme, d'ailleurs, on ajoute habituellement à la râpe 20 °/₀ d'eau, en calculant sur le poids des racines, on doit compter, de ce chef, sur 20 000 kilog. d'eau excédante à vaporiser, soit, par heure, 909 kilog.

Enfin, en admettant l'emploi de 20 p. °/₀ de noir, c'est-à-dire de 20 000 kilogrammes, comme on dégraisse ce noir par une certaine quantité d'eau, dont on recueille le double du poids de la matière filtrante, on a encore environ 40 000 kilog. d'eaux de dégraissage, de la richesse desquelles on n'a pas à tenir compte, puisque cette richesse a été comprise en entier dans l'évaluation du jus normal. Ces 40 000 kilog. d'eau à vaporiser conduisent à un chiffre rond de 1818 kilog, à vaporiser par heure.

Le chiffre total d'eau à vaporiser par la concentration, dans les conditions habituelles de la fabrication, pour un traitement de 100 000 kilog. par jour, s'élève donc à 128 640 kilog. en 22 heures, ou 5 847 kilog. par heure. Mille kilog. de betteraves

exigent donc la vaporisation de 1,286k,40 d'eau en 22 heures, ou de 58k,47 par heure.

Surfaces de chauffe. — Pour vaporiser cette quantité de 5,847 kilog. d'eau, en agissant à l'air libre, il faudrait une surface de chauffe proportionnelle au nombre des calories transmises par mètre carré. Comme c'est la vapeur à + 135° que l'on emploie le plus ordinairement en sucrerie, cette vapeur transmettant 40,000 calories par mètre carré de double fond, ou 60,000 calories par mètre carré de serpentin, on trouve que, pour faire la vaporisation de 5,847 kilog. d'eau, prise à la sortie des filtres, à une température de + 50°, il faut une surface de faux fond de 85m,81, le mètre carré vaporisant 68k,14 par 587 calories.

Un mètre carré de serpentin produirait 102k,21 de vaporisation par heure, et il faudrait seulement 57mq,20 de surface évaporatoire.

Etant admise cette donnée moyenne que 1 kilog. de charbon vaporise 7k,5 d'eau, l'expression 5,847 : 7,5 donne la quantité de charbon à dépenser pour la vaporisation totale à la concentration; mais cette appréciation est sujette à des variations notables, selon la qualité du combustible, la construction du générateur, le tirage, etc.

Les principales objections que l'on ait à formuler contre la concentration à l'air libre ne reposent pas sur la surface de chauffe, ni même sur les *effets possibles* de la chaleur sur le sucre; car on peut répondre à la première de ces allégations que cette surface, distribuée en un certain nombre de chaudières, coûte en réalité moins cher que par les appareils à effets complexes. Il a été répondu à la seconde. Le véritable côté de la question se trouve dans la main-d'œuvre considérable nécessitée par par une vaporisation aussi abondante à produire par heure, et qui n'exige pas moins de 14 à 16 journées distribuées en deux équipes. Or, il n'est pas impossible de restreindre beaucoup cette main-d'œuvre, et nous en donnerons une preuve. La colonne évaporatoire, dont nous donnons la description dans l'étude de la sucrerie agricole, n'exige qu'un seul ouvrier par équipe, et un seul appareil peut concentrer à 50 0/0 les jus provenant de 50,000 kilog. de racines. Il ne faudrait donc que quatre ouvriers, deux par équipe au plus, pour conduire le travail de concentration du jus de 100,000 kilog. de betteraves.

Nous devons ajouter qu'un seul ouvrier peut très-bien surveiller deux appareils, en sorte que l'objection tombe d'elle-même, puisqu'un système analogue peut toujours être constitué facilement.

Vapeur détendue. — La fabrication perfectionnée fait aujourd'hui une partie notable de son travail de vaporisation à l'aide de la vapeur détendue provenant des machines. La vapeur à + 135°, sortant des machines sans condensation, présente encore une tension de $1^{atm},25$ environ, c'est-à-dire une température de + 108° à + 110°, et l'emploi de cette vapeur pour l'échauffement des liquides constitue un mode très-économique d'utilisation de la chaleur, dont il a été parlé précédemment (p. 210 et suiv.).

Une fabrique, traitant 100,000 kilog. de racines, exige une force motrice de 65 chevaux, en moyenne, pour les différents services. Cette force, à raison de 30 kilog. de vapeur par cheval et par heure, représente 1,950 kilog. de vapeur. En comptant la vapeur détendue à + 108° seulement, on se trouve en présence de quelques conséquences importantes, sur lesquelles il est nécessaire de s'arrêter un instant.

En supposant que l'on fasse agir cette vapeur dans des serpentins, et qu'elle se condense à + 60°, après avoir agi sur des liquides de température décroissante, depuis + 103°, point d'ébullition, jusqu'à + 60°, qui est le degré moyen des jus arrivant à la concentration, on comprend que chaque kilogramme de cette vapeur abandonnera sa chaleur latente, qui égale 530 calories, et 40 calories de son calorique d'échauffement, en outre des 8 calories accumulées par la tension. Ce sera un total de 578 calories par kilogramme, ou, pour les 1,950 kilog. de vapeur, un chiffre de 1,127,100 calories transmissibles. Dans des conditions médiocres, la transmission réelle n'est guère que des 8/9 de la théorie, en sorte que le chiffre réellement transmis serait de 1,001,864 calories.

Ce nombre répondrait pratiquement, dans ce cas, à la vaporisation de 1,736 kilog. d'eau à + 60° de température initiale. On regarde habituellement la vapeur détendue comme vaporisant son poids d'eau ; mais ce chiffre nous paraît être un peu trop élevé, et il convient de tenir compte des pertes qui peuvent se produire. Notre donnée a été obtenue expérimentale-

ment, et nous avons tout lieu de la croire plus exacte que des calculs plus exagérés.

Il en résulte que, par un travail à l'air libre, sur les 5,847 kilog. de vaporisation à produire, 1,736 kilog. pouvant être obtenus par l'action de la vapeur détendue, il reste 4,111 kil. à faire vaporiser par la vapeur directe, c'est-à-dire que 29 0/0 de ce travail peuvent être exécutés sans dépense de calorique.

Nous nous bornons ici à ce qui ressort de la pratique ; mais il est certain qu'on pourrait mieux faire, puisqu'il suffirait de quelques dispositions, faciles et peu coûteuses, pour reprendre à la vapeur des jus les 537 calories de vapeur latente qu'elle contient. En faisant agir cette vapeur de proche en proche dans des vases connexes, on pourrait obtenir le résultat des chaudières à effets multiples sans en avoir à supporter les inconvénients.

Nous avouons franchement que, tout en admettant les avantages procurés par l'emploi du vide, nous sommes fort loin de nous faire illusion à ce sujet. On porte le sucre à une plus faible température, il est vrai ; mais personne n'a encore fait toucher du doigt une des plus grandes difficultés de cette question complexe, dont les chimistes et les physiciens ne se sont pas assez occupés, et dont ils ont laissé, malheureusement pour l'industrie des sucres, tout le soin aux illustres savants de la maison Cail et de quelques autres établissements de chaudronnerie.

Voici cette difficulté que nous croyons insoluble pour les dominateurs actuels de la sucrerie, sans l'aide de la science expérimentale. On sait que l'eau, dont le point d'ébullition serait à + 100° sous la pression atmosphérique, peut bouillir à zéro, lorsque la pression est réduite à six millièmes d'atmosphère : il est démontré que, par la diminution de la pression, la température de l'eau en ébullition diminue proportionnellement, et cela est incontestable. Mais, où sont les expériences par lesquelles on démontre que le sucre, altérable à + 100° et décomposable à + 120° à l'air libre, n'est pas altérable et décomposable sous des *températures moindres* dans le vide relatif? Tout est à faire dans cette voie. Si, par exemple, le carbonate de chaux fond sans se décomposer, lorsqu'il est chauffé sous une forte pression, pourquoi n'admettrait-on pas qu'il se décompose plus promptement, lorsque la pression diminue, ce

qui est reconnu par le fait même? Pourquoi n'en serait-il pas de même du sucre et des substances organiques? Pourquoi, enfin, s'en rapporte-t-on à ceux qui personnifient l'ignorance, doublée de fatuité, pour une question aussi grave?

Il paraît certain, *à priori*, que les substances sur lesquelles l'action oxydante de l'air s'exerce d'une manière énergique, seront moins décomposables en dehors de l'influence de ce fluide; mais l'action propre du calorique ne sera pas dans les mêmes conditions. Tel corps décomposable à + 100°, c'est-à-dire à la température d'ébullition, à l'air libre, se décomposera encore à l'ébullition, c'est-à-dire à + 70° ou + 65°, dans le vide. Cela est au moins probable et, dans tous les cas, ce point mérite l'attention des hommes de science.

L'intérêt qui s'attache à l'emploi du vide est double, à notre sens. Il permet d'économiser de la chaleur, et il soustrait les solutions à l'action de l'air. Quant à les soustraire à l'action du calorique, c'est tout une autre question, à l'affirmation de laquelle nous demandons à ne croire que sur preuves.

Il est au moins probable que les jus *impurs* souffrent moins dans le vide qu'à l'air libre; mais c'est là une affaire de purification, et nous ne comprenons pas cette manie de masquer une faute par une autre faute. Que les matières pectiques, les substances extractives, les matières azotées et d'autres principes soient plus altérables à la température d'ébullition à l'air qu'à la même température d'ébullition dans le vide, nous le comprenons parfaitement; nous admettons même qu'il y a des réactions chimiques qui sont ou peuvent être retardées ou favorisées par le vide; nous reconnaissons que le sucre lui-même *peut* ne pas être indifférent à la présence ou à l'absence de la pression atmosphérique; mais nous disons que ces questions n'ont pas été prouvées scientifiquement par la méthode expérimentale; nous affirmons que l'on s'est jeté au vide, à la légère, sans preuves, sur de simples présomptions. Il faut d'autres raisons que des intérêts de chaudronnerie pour décider en pareille matière. La preuve que le vide a moins d'influence qu'on ne veut bien le dire, dans l'intérêt du placement de certaines machines en vogue, c'est que le rendement, chez les fabricants de sucre à l'air libre, *qui travaillent avec soin*, est aussi élevé en qualité et en quantité que dans les fabriques par le vide, et nous n'en recherchons pas d'autre démonstration.

Ce qui est incontestable dans toute cette affaire, c'est que *le travail par le vide économise le calorique;* hors de ce fait avéré, le reste n'est plus que doute et incertitude.

Nous pensons donc que l'application du vide à la concentration doit être dominée par cette idée principale, et qu'il conviendrait de provoquer une série de recherches précises dans le but d'élucider ce qui reste obscur et mal défini.

Quoi qu'il en soit, le travail de concentration, dans la fabrication perfectionnée, se fait principalement par les appareils à basse pression et surtout par les appareils à effets multiples. Nous avons vu que la chaudière à basse pression peut servir à la concentration et à la cuite (p. 203 et suiv.), et nous avons étudié les bases du travail évaporatoire par les appareils connexes; il nous reste à préciser plus nettement la question, en appliquant notre examen à une action déterminée.

Concentration dans le vide, par les appareils à effets multiples. — Nous ne reviendrons pas sur ce qui a été dit au sujet de la concentration des jus par l'appareil à basse pression formé d'un vase unique. Il convient de remarquer seulement que le grand reproche adressé à cet appareil par les intéressés consistait dans le contact du jus avec l'air atmosphérique. A cette allégation plus ou moins hasardée, il est nécessaire d'ajouter que la vapeur produite par la concentration n'est utilisée qu'une seule fois. L'idée de se servir de la vapeur directe pour concentrer une autre portion du jus, puis de la vapeur de ces premiers jus pour en concentrer une autre portion, a été mise en pratique par l'Américain Rillieux, et cette idée, aussi féconde que simple, s'est rapidement propagée en Europe. On l'a perfectionnée en substituant à l'emploi de la vapeur directe celui de la vapeur détendue au moins pour une partie du travail.

L'inventeur considérait les surfaces de chauffe comme devant être augmentées à mesure que les vapeurs s'éloignaient du premier foyer calorifique, en ajoutant à cela que la température d'ébullition doit s'abaisser dans le même sens, par suite d'une diminution plus grande de la pression. Ces deux prémisses ont leur côté vrai, et l'appareil à triple effet de Cail en fait une application méthodique. Il en est de même de plusieurs autres constructions. Il y a lieu, cependant, de faire observer

que, dans trois chaudières convexes successives, on peut conserver la même surface de chauffe, pourvu que les températures d'ébullition soient convenablement abaissées.

Admettons, ce qui est conforme à la pratique, que le vide de la première chaudière est 20 à 25 centimètres de mercure, qu'il est de 40 à 45 centimètres dans la seconde, et de 50 à 55 centimètres dans la troisième, etc., on aura les données suivantes, que nous faisons dériver des expériences de M. Regnault, pour une série de cinq chaudières :

Chaudières.	Températures d'ébullition.	Chaleurs latentes.	Chaleurs totales.	Pressions en millimètres de mercure.
	°			mm.
1re........	+ 90	543,90	633,90	525,4488
2e........	80	550,90	630,90	354,6388
3e........	70	557,80	627,80	230,0844
4e........	60	564,80	624,80	148,7852
5e........	50	571,70	621,70	91,9752

Le lecteur comprend parfaitement tout le parti que l'on peut tirer des nombres de ce tableau, dont nous avons prolongé les indications jusqu'à une cinquième chaudière, bien que le nombre pratique des vases soit borné à trois. C'est de ces nombres seulement que l'on peut tirer des indications vraies sur les effets de transmission du calorique, et nous allons les appliquer à la concentration des jus de 100,000 kil. de racines, en nous plaçant dans les deux circonstances qu'il est important d'examiner, celle de l'emploi de la vapeur directe et celle de celui des vapeurs détendues.

Emploi de la vapeur directe. — La quantité de racines de notre supposition donne 5847 kil. de vaporisation à produire par heure, et le liquide est considéré comme présentant la température initiale de + 60°. La vapeur employée à + 135° présente une chaleur totale de 647,65; sa chaleur latente est de 612,65 et elle cède 557,65 en se condensant à + 90°.

Soient les trois chaudières, d'une capacité égale ou inégale, chargées de jus à + 60°, le vide produit et la vapeur introduite dans les serpentins. Le liquide de la première chaudière, bouillant à + 90° par 525^{mm} de pression, exigera, pour son échauf-

fement au point d'ébullition, 30 calories (90 — 60) par kilogramme, et la vaporisation d'un kilogramme d'eau absorbera 543 cal. 90, soit, en tout, 573,90, en ne tenant pas compte présentement du calorique absorbé par le sirop, et dont on peut également porter le chiffre à 30 calories par kilogrammes, quoique ce nombre soit un peu trop fort.

La vapeur directe employée, ne transmettant que 557,65 en se condensant à + 90°, c'est-à-dire à la température du point d'ébullition du liquide de la chaudière, il faudra 1k,029 de cette vapeur pour porter à l'ébullition et vaporiser 1 kil. du liquide à + 60°, tandis qu'il n'en faudrait que 0k,975 pour vaporiser une même quantité de ce liquide bouillant à + 90°.

La vapeur du liquide de la première chaudière est à + 90° de température, 633,90 de chaleur totale, 543,90 de chaleur latente, et elle transmet 553,90 en se condensant à + 80°. Le liquide de la seconde chaudière, bouillant à + 80°, absorbe 20 calories (80 — 60) pour arriver à l'ébullition et 550,90 pour se vaporiser par kilogramme, soit, en tout, 570 cal. 90.

Un kilogramme de vaporisation du liquide à + 60°, dans cette chaudière, exigera 1k,030 de la vapeur produite par la première chaudière, tandis que ce même liquide bouillant à + 80° n'absorberait que le calorique de 0k,9936 de la même vapeur par kilogramme.

Enfin, la vapeur de la seconde chaudière est à + 80° de température, 630,90 de chaleur totale, 550,90 de chaleur latente, et elle transmet 560,90 en se condensant à + 70°. Or, le liquide de la troisième chaudière, bouillant à + 70° par 627,80 de chaleur totale et 557,80 de chaleur latente, il exige 10 calories (70 — 60) de chaleur d'ébullition et 557,80 de chaleur latente (= 567,80) pour se vaporiser, par kilogramme.

Il faudra 1k,012 de cette vapeur pour vaporiser 1 kil. du liquide de la troisième chaudière, à + 60°, et ce liquide n'exigerait que 0k,9878, s'il était bouillant, à + 70°.

Ce qui précède étant admis, afin d'abréger ces calculs, on peut supposer que les liquides sont introduits simultanément dans les trois chaudières à la température de + 60° et que l'on agit dans la première avec la vapeur directe, dans la seconde avec la vapeur de la première et dans la troisième avec la vapeur de la seconde. Il faudra 1029 kil. de vapeur directe à + 135° pour vaporiser 1000 kil. dans la première chaudière,

1030 kil. de vapeur de la première pour vaporiser 1000 kil. de la seconde et 1012 kil. de vapeur de celle-ci pour vaporiser 1000 litres de la troisième.

On doit chercher à savoir si l'on peut, sans inconvénient notable, donner la même capacité aux trois chaudières...

On sait que les serpentins transmettant 60,000 calories avec de la vapeur à + 135° par mètre carré et par heure, mais que le chiffre de cette transmission diminue avec la température de la vapeur, et l'on a les données :

1° La vapeur à + 135°, représentant 647,65 de chaleur totale, transmet 60,000 calories ;

2° La vapeur à + 100°, par 637 de chaleur totale, transmet 50,000 calories;

3° La vapeur à + 90° par 633,90 de chaleur totale, transmet de 45,000 à 47,005 calories.

4° La vapeur à + 80°, par 630,90 de chaleur totale, transmet de 40,000 à 44,000 calories.

De là on peut déduire le travail net de chaque chaudière et la surface de chauffe relative.

On a à vaporiser, par heure, 5847 kil., soit 1939 kil. par chaudière, à quoi il convient d'ajouter 880/3 pour la quantité de sirop qui devra être échauffé au point variable d'ébullition, ce qui donne 293 kil. par chaudière.

Chaque kilogramme de vaporisation dans la première chaudière exige 573 cal. 9, et chaque kilogramme de sirop absorbe (90 — 60) 30 calories. La dépense totale est de 1,121,582 calories qui seront transmises par 18^{mq},692 de surface de serpentin.

Dans la seconde chaudière, chaque kilogramme de vaporisation exige 570 cal. 90, et chaque kilogramme de sirop absorbe 20 calories. La dépense totale est de 1,112,835 calories qui seront transmises par 24^{mq},72 96 de serpentin.

Dans la troisième chaudière, chaque kilogramme de vaporisation exige 567 cal. 80, et chaque kilogramme de sirop absorbe 10 calories. La dépense totale est de 1,103,804 calories, qui seront transmises par 27^{mq},5973 de serpentin.

De ces calculs il est facile de conclure que les surfaces des serpentins de chauffe devront être comme les nombres 18,69 pour la première chaudière, 24,73 pour la seconde et 27,60 pour la troisième, à volume égal de liquide.

Vapeur détendue. — Les données précédentes peuvent être appliquées facilement à la vapeur détendue provenant des machines. En supposant une faible détente, on peut considérer cette vapeur comme étant à + 108° de température seulement.

Nous avons vu tout à l'heure (p. 587) que, pour une force motrice de 65 chevaux, on dispose de 1,950 kil. de vapeur détendue, représentant 1,127,100 calories transmissibles, et ce chiffre, réduit d'un neuvième, a été ramené à 1,001,864 calories. Cette quantité de calorique, appliquée sur des liquides à + 60° de température initiale, vaporiserait 1,736 kil. d'eau à l'air libre, sur les 5,847 kil. à vaporiser par heure.

Nous venons de voir les conditions dans lesquelles la vapeur directe agit dans les vases à basse pression, et les quantités indiquées sont :

Pour la première chaudière.........	1,121,582	calories.
Pour la deuxième chaudière.........	1,112,835	—
Pour la troisième chaudière.........	1,103,804	—
Total......	3,338,221	—

Si l'on retranche de ce nombre 1,001,864 calories, représentant le calorique transmis par l'application de la vapeur détendue, on voit que la chaleur à demander à la vapeur directe se réduit à 2,336,357 calories pour vaporiser 5,847 kil. dans les trois chaudières d'un triple effet, lorsqu'on emploie simultanément la vapeur directe et la vapeur détendue. On économise ainsi près de 30 0/0 du combustible et, sous ce rapport, loin de critiquer en quoi que ce soit l'emploi des vases connexes, nous considérons cet emploi comme un perfectionnement très-ingénieux. Ce n'est pas sur ce point que nous élevons des objections, mais bien contre l'absolutisme de ceux qui font du vide, par simple effet ou par effets multiples, la condition essentielle de la fabrication, au lieu de porter toute leur attention vers une meilleure purification du jus. Il nous paraît certain que si la purification des liquides sucrés était portée à ses limites rationnelles, l'emploi du vide ne serait plus qu'une simple question d'économie, devant laquelle il y aurait compte à faire. La discussion serait ramenée à ses véritables termes, et l'on n'aurait plus à s'égarer dans des appréciations stériles. On estimerait à leur valeur les allégations relatives à

la moindre altérabilité du sucre dans le vide relatif, puisque la purification aurait éliminé les causes d'altérations différentes de la chaleur seule, et l'on verrait que l'emploi des appareils à basse pression doit être étudié sur d'autres bases, car nous constaterons tout à l'heure que l'économie du combustible est le point le plus sérieux, celui qui doit surtout attirer l'attention du fabricant.

Appareils perfectionnés. — Le grand nombre d'appareils construits pour produire la concentration des jus à l'aide du vide ne nous permet pas même de tenter d'en donner une description sommaire. Nous nous bornerons donc à quelques observations que nous croyons utiles à la fabrication.

Au point de vue du chauffage, c'est-à-dire de la transmission du calorique latent, il est nettement démontré que les serpentins devraient être préférés, soit pour l'emploi de la vapeur directe, soit pour celui de la vapeur détendue. Nous avons fait observer, au sujet de celle-ci, qu'il serait très-économique de la surchauffer.

Aujourd'hui, l'emploi des serpentins est à peu près abandonné, sous le prétexte d'un nettoyage plus facile, et l'on a adopté l'emploi des tubes droits, comme il est indiqué dans la figure 117 qui représente la coupe d'un triple effet construit par la maison Cail, et par nombre d'autres constructeurs.

La disposition de ces tubes est très-facile à saisir. Les tubes sont ajustés et assemblés à chaque extrémité dans un disque, en sorte que l'intérieur est rempli par le liquide à concentrer. La réunion des tubes et des deux disques d'assemblage forme une sorte de boîte cylindrique, dans laquelle la vapeur pénètre pour échauffer la surface extérieure des tubes, qui forment autant de petits bouilleurs verticaux.

A, B, C sont les trois chaudières; *a*, *b*, *c*, les condenseurs; D est la colonne de condensation et d'appel qui communique en *e* avec la pompe, et dans laquelle un tube d'injection *d* apporte l'eau destinée à refroidir et à condenser la vapeur.

On reproche justement à cette disposition de donner une transmission moindre que celle des serpentins, d'être moins solide et plus coûteuse. La possibilité du nettoyage de l'intérieur des tubes n'ôte rien à ces inconvénients. On sent que l'air

emprisonné dans la boîte se dilate par la chaleur et qu'il s'oppose à une bonne application du calorique. D'autre part, le grand nombre des assemblages nécessités par ce dispositif est

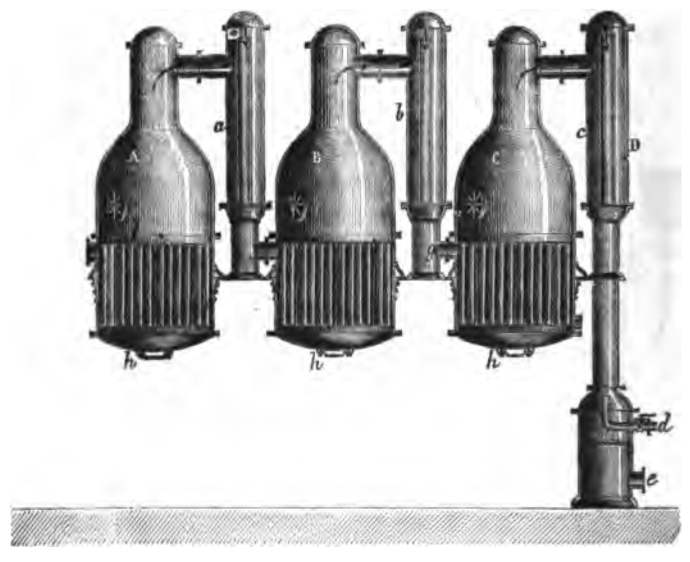


Fig. 117.

une circonstance fâcheuse, qui nuit à la résistance des plans, et il n'est pas rare de voir s'établir des fuites entre les joints. La construction exige beaucoup plus de main-d'œuvre, et comme le chaudronnier le fait très-largement payer, c'est, en définitive, le fabricant qui supporte l'augmentation de prix pour un résultat moindre.

Cet appareil est représenté en élévation par la figure 118, qui en donne une idée très-suffisante sans qu'il soit nécessaire de le décrire en détail.

Nous avouons que nous préférons de beaucoup toute installation dans laquelle le calorique agit à l'intérieur des tubes chauffeurs plongés dans le liquide à échauffer. Quelle que soit, d'ailleurs, la forme des appareils, et que l'on se serve de serpentins ou de tubes droits, l'utilisation de la chaleur est plus complète et les résultats sont plus nets. Rien ne nous paraît au-dessus du serpentin comme organe de transmission de chaleur, et l'emploi de cette forme de tubes s'adapte facilement à

toutes les chaudières, sans que l'on ait à modifier notablement les autres organes.

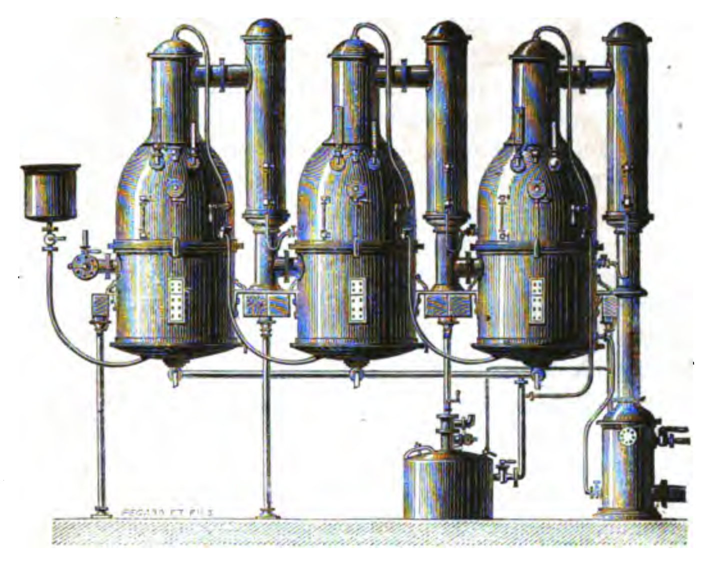


Fig. 115..

Lorsqu'on emploie à la concentration des appareils connexes à effets multiples, on économise considérablement l'eau de condensation, par suite de ce fait que chaque chaudière agit comme un véritable condenseur. Si l'on ajoute que ces appareils peuvent produire la concentration d'une manière continue et qu'ils procurent une économie considérable de charbon, on aura les principaux éléments nécessaires pour en apprécier les avantages.

Cette économie de combustible est considérable. Les considérations théoriques, exposées précédemment (p. 210 et suiv.), nous permettent d'en faire maintenant le décompte, d'une manière comparative.

Dans le chauffage à l'air libre, pour vaporiser 5,847 kil. par heure, en partant de la température initiale de + 60°, on trouve qu'il faut dépenser 3,373,719 calories, en négligeant l'échauffement du sirop.

Dans l'emploi de la vapeur détendue, on a, dans chaque chaudière, 1,939 kil. à vaporiser, c'est-à-dire 1,072,603 calo-

ries. Les 1,950 kil. de vapeur détendue, agissant sur la première chaudière, avec 1/9 de perte, fournissent 1,001,864 calories et peuvent vaporiser 1,736 kil. sur 1,939. Il ne restera donc que 203 kil. à faire vaporiser dans cette chaudière par la vapeur directe.

De même, dans la seconde chaudière, les 1,939 kil. de vapeur produite dans la première pourront transmettre, déduction faite de 1/9, une quantité de calorique égale à 988,978 calories, c'est-à-dire que la vapeur, venant de la première chaudière, pourra vaporiser, dans la seconde, 1,714 kil. sur 1,939. Il restera 325 kil. à faire vaporiser dans cette chaudière par la vapeur directe.

Enfin, dans la troisième chaudière, le résultat est très-facile à analyser. Il s'y produira 1,939 kil. de vaporisation par l'action des 1,939 kil. de vapeur venant de la seconde chaudière, et qui y ont été produits par 1714 kil. de vapeur transmise et 325 kil. de vapeur directe. Il s'y vaporisera, comme dans la seconde chaudière, 1,714 k. sur 1,939 k. et il faudra 325 k. de vapeur directe pour compléter le travail. En somme, la vapeur détendue, employée dans les vases connexes, suffit pour la vaporisation de 5,164 k. d'eau sur 5,847, et il ne reste à dépenser simultanément, en vapeur directe, que la quantité nécessaire pour la vaporisation de 683 kil. d'eau.

En supposant seulement deux chaudières connexes, ou l'emploi du double effet, la dépense en vapeur directe auxiliaire est beaucoup plus considérable, puisque, toutes circonstances égales, il faut employer de cette vapeur directe pour la vaporisation de 203 + 325 + 1,939 = 2,467 kil. d'eau. On a donc, pour les chiffres relatifs de la dépense en vapeur directe :

	Eau à vaporiser.	Charbon.
Chaudières à simple effet........	5,847	838^k
— à double effet........	2,467	353
— à triple effet........	683	98

La quantité de charbon à dépenser a été calculée à raison de 4,027 calories par kilogramme.

En général, on admet en pratique que le mètre carré de surface de chauffe, avec des tubes droits et de la vapeur détendue, ne vaporise que 25 kil. par heure, tandis que les serpentins vaporisent plus du double. Il faut donc une surface plus consi-

dérable dans le premier cas pour la vaporisation d'une quantité prévue.

Nous mentionnerons, comme plus avantageux que les tubes verticaux, les tubes horizontaux, déjà construits en Allemagne sur les principes de nos données théoriques (fig. 27 et 28, p. 193 et 196), bien que les tubes horizontaux soient loin d'être aussi rationnels que les serpentins. On doit regarder, en définitive, les appareils à tubes verticaux, dont la plupart des fabricants se montrent enthousiastes, sur la foi des constructeurs, comme les moins avantageux de tous.

Toutes ces dispositions appartiennent au domaine public.

Un des organes les plus essentiels d'un appareil à basse pression est la pompe d'aspiration.

Cette pompe, dans un appareil quelconque à basse pression, peut agir de deux manières, et elle peut être employée à aspirer à la fois l'eau condensée, la vapeur et l'air, provenant de l'intérieur de l'appareil, ou bien à aspirer seulement la vapeur et l'air seulement. Dans ce dernier cas, il est clair que cet organe aura un travail moindre à accomplir, mais l'eau de condensation doit dès lors s'échapper par un autre moyen. Si l'on comprend le tube de sortie des vapeurs de l'air et de l'eau de condensation comme présentant une hauteur de plus de $10^m,33$ et aboutissant dans une bâche à eau dont le liquide forme bouchon hydraulique, on sent que l'eau de la bâche ne pourra remonter, sous la pression de l'air, jusqu'à la chaudière, que le liquide condensé s'écoulera, par son poids, dans la bâche, et que l'on pourra faire agir la pompe seulement sur les vapeurs non condensées et sur l'air de l'appareil. La pompe est dite *sèche*, dans les dispositions très-ingénieuses qui appliquent ce principe; mais il faut que l'on puisse disposer d'une hauteur suffisante pour établir cette *colonne barométrique* et, la plupart du temps, il est plus commode de donner plus de puissance à la pompe et de lui faire aspirer à la fois l'eau condensée, l'air et la vapeur.

Le vide est d'autant plus complet dans un appareil que la condensation des vapeurs se fait d'une manière plus absolue, que l'injection d'eau est plus abondante et la pompe plus puissante. Avec la disposition de la colonne barométrique dont il a été parlé tout à l'heure, et avec la pompe sèche, on peut augmenter à volonté la condensation par une injection d'eau plus

considérable, sans que le travail de la pompe ait à en souffrir. Il n'en est pas de même avec la pompe ordinaire, dont le travail est augmenté par une injection plus abondante et qui fournit alors un vide moins complet.

D'un autre côté, plus le vide se rapproche du terme théorique et plus la vaporisation est rapide, puisque l'ébullition a lieu à 0° dans un vide de 0,005 environ. On comprend dès lors que la puissance de vaporisation d'un appareil soit sous la dépendance, non-seulement de la surface de chauffe, mais encore, et surtout, de la puissance de la pompe et de l'effet utile de la condensation. Un mètre carré de serpentin peut vaporiser, dans les appareils à basse pression, depuis 100 kil. jusqu'à 180 kil. par heure, en sorte que les calculs *à minima*, indiqués plus haut, peuvent être beaucoup dépassés en pratique.

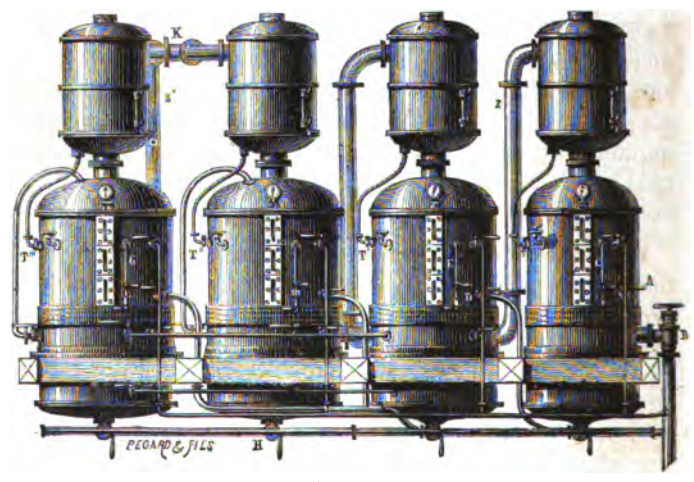


Fig. 119.

Un type assez remarquable, parmi les appareils connexes à effets multiples, est celui que nous représentons par la figure 119 et qui est construit par la maison Brissonneau, de Nantes. Nous en renvoyons la description détaillée à l'étude de la fabrication exotique, pour laquelle cet instrument est plus spécialement approprié; mais, comme il peut être avantageusement appliqué à la sucrerie indigène, nous le signalons dès maintenant à l'attention des fabricants.

La plupart des constructeurs français se sont occupés d'at-

teindre le maximum de l'économie en combustible, à l'aide de dispositions ingénieuses. Plusieurs fabricants ont également cherché à perfectionner l'outillage de la sucrerie, et les améliorations produites par certains sont loin d'être sans mérite. C'est ainsi que les efforts de M. Simon, fabricant de sucre, aux Puisards, l'ont conduit à de bons résultats relativement à l'emploi du calorique dans les appareils à basse pression, et que le four à chaux du même observateur est construit dans des conditions fort remarquables.

Le point capital à rechercher dans les appareils de concentration est l'économie du combustible jointe à la rapidité du travail. Le fabricant habile sait fort bien que l'influence du vide n'est que d'une importance secondaire, relativement à la conservation des sucres; il sait qu'un *jus bien purifié* ne redoute pas grand'chose de la présence de l'air, malgré toutes les allégations intéressées; mais, comme l'abaissement du prix de revient est le côté capital visé par tout industriel intelligent, on conçoit, sans peine, que toute économie de temps et d'argent, que toute augmentation du rendement et de la qualité des produits doit être l'objectif constant de la pratique, et il ne semble pas nécessaire d'insister à cet égard.

Filtration des sirops. — Dans la fabrication perfectionnée, lorsque la concentration est faite et que les jus sont arrivés à une richesse de 50 0/0 par la vaporisation de la plus grande partie de l'eau de dissolution, on soumet les sirops à l'action décolorante du noir, avant de compléter la concentration, c'est-à-dire avant de procéder à la cuite. Nous ne songeons pas à entrer dans des répétitions oiseuses au sujet de cette seconde filtration sur le noir, à propos de laquelle il a été dit tout ce qu'il importe de bien connaître pour diriger la fabrication; mais il est un point dont l'importance est extrême et sur lequel on ne peut trop insister. Nous voulons parler des causes de la coloration des sirops que l'on ne peut attribuer de bonne foi à la matière colorante préexistante.

Que l'on prenne du jus de betterave normal, non chaulé, et qu'on le débarrasse des matières albuminoïdes par le tannin. Si on traite ensuite ce jus par un agent qui précipite l'excès de tannin, que l'on concentre à une douce chaleur et que l'on reprenne la masse par l'alcool à 90°, on pourra concentrer la

nouvelle dissolution jusqu'au point de cuite, sans que le sirop obtenu présente, à beaucoup près, la nuance foncée des sirops de fabrication qui ont été traités plusieurs fois par le noir. Et cependant l'alcool est un bon dissolvant de la matière colorante, et le sirop alcoolique renferme tout le principe colorant du jus. On observe encore la même différence après un traitement rationnel. Du jus tanné, légèrement chaulé, saturé, dont les alcalis sont *neutralisés* par le biphosphate de chaux, peut être concentré et cuit, sans l'emploi d'un grain de noir. La coloration du sirop n'est pas si grande que celle des sirops de fabrication, qui retiennent de l'alcalinité et qui ont été filtrés deux ou trois fois sur le noir. Enfin, si les jus de fabrication, chaulés, saturés, sont traités par un agent qui immobilise les alcalis et en neutralise l'action, ces mêmes jus, sans noir, fournissent à la cuite des sirops ambrés, dont la nuance est plus claire que celle des sirops qui ont été soumis à plusieurs filtrations sur noir. La seule condition du succès consiste dans la neutralisation complète.

Nous inférons de ces données, et d'expériences fort nombreuses exécutées dans toutes sortes de circonstances, que la cause de la coloration des sirops se trouve dans l'action des alcalis sur le glucose; que cette action n'est pas annihilée par les filtrations et que, après chaque passage sur le noir, l'action de la chaleur et celle des alcalis reproduisent, aux dépens du sucre, une nouvelle coloration de plus en plus intense.

Avec tous les sirops alcalins, l'emploi du noir est donc sans valeur, puisque tout son effet décolorant ne conduit pas au résultat cherché.

Il en serait tout autrement si l'on faisait agir des *jus neutres sur du noir neutre*, car, dans ce cas, l'effet produit serait définitif. Loin de repousser l'emploi du noir dans cette condition, nous le regarderions comme favorable à la beauté et à la qualité des produits, en sorte que notre opinion n'est nullement dictée par un parti pris, mais par l'observation désintéressée et attentive des faits.

Le grand bruit que les partisans du noir ont fait autour de ce produit, les éloges donnés à sa propriété absorbante ne paraissent provenir que d'un défaut d'observation ou d'un intérêt commercial. En effet, nous avons vu des sucres, provenant de jus traités par le noir et dont la teneur en sels était de 0k,867

pour 100 kilogrammes, ce qui conduisait à une réfaction de 4k,335 de sucre. Or, ces mêmes jus, traités sans noir, mais débarrassés des alcalis, ou, plutôt, après transformation des alcalis, ont donné des sucres qui ne renfermaient plus que 0k,162 de sels par 100 kilogrammes, avec une richesse réelle de 97,8 0/0. Ce fait, dont la répétition constante affirme la netteté, conduit à cette conséquence pratique que l'on se débarrasse beaucoup mieux des principes minéraux sans le noir que par le noir, et nous avons vu une obligation stricte à mettre encore une fois sous les yeux des fabricants un raisonnement pratique dont l'utilité n'est pas contestable.

VI. — CUITE DES SIROPS.

La cuite des sirops a été étudiée d'une manière assez complète (p. 231) pour satisfaire aux exigences de la pratique. Il nous reste à ajouter quelques détails qui n'ont pu trouver place dans un examen précédent de cette question et à parler des appareils employés dans la fabrication actuelle.

Dans les installations dites perfectionnées, la cuite se fait généralement par les appareils à basse pression et par la forme connue sous le nom de *cuite en grains*. Les principes qui dirigent la cuite en grains sont connus (p. 250), et les avantages de l'application du vide, au point de vue de l'économie du calorique ne sont mis en question par personne.

Il n'en est pas de même du mérite des appareils. Chaque constructeur prône le sien outre mesure, et le fabricant est souvent fort embarrassé au milieu du conflit d'opinions et de prétentions qui se heurtent dans tous les sens. Ici on jure par Cail, là-bas par autre chose, sans songer à se demander d'abord quels sont les besoins auxquels doit répondre une chaudière à basse pression, quelles sont les fonctions qu'elle doit accomplir et comment on peut en reconnaître le mérite réel, tout en écartant, bien entendu, les erreurs matérielles de construction dont le chaudronnier est responsable. C'est précisément la réponse à ces questions que le fabricant doit pouvoir se donner, sans être obligé de recourir à ceux dont l'intérêt est de le tromper, non pas pour le tromper, mais pour monopoliser la clientèle.

Voici donc ce que doit faire un appareil à cuire dans le vide :

1° La surface de chauffe doit être telle que l'instrument puisse vaporiser un tiers de plus que la demande, en usant de toute sa puissance et de tous ses moyens d'action. Cela se comprend sans commentaires, puisque l'on sait, par expérience, que tout engin ne rend pas plus de 70 0/0 de son action nominale, dans les conditions de la pratique habituelle, de celle avec laquelle il importe de compter en général.

2° La puissance de la pompe doit suffire à produire le maximum de vide possible avec le système employé. En d'autres termes, que l'on se serve d'une pompe destinée à aspirer l'air et la vapeur en même temps que l'eau de condensation, ou bien à aspirer l'air et la vapeur seulement, l'eau condensée étant soustraite par son poids, à l'aide d'une colonne barométrique, il faudra toujours atteindre, facilement et promptement, un degré de vide tel que l'ébullition se produise à +60° de température avec l'eau seulement.

3° La capacité de la chaudière doit être plus considérable d'un tiers que le volume maximum du travail ordinaire, par la cuite en grains, qui requiert le plus de temps, et qui correspond à la masse la plus grande. Cette précaution a pour but d'éviter, autant que possible, l'entraînement du sirop dans la colonne de condensation.

4° Tout appareil à basse pression doit être dépourvu d'accessoires inutiles, qui ne sont, ordinairement, qu'un *trompe-l'œil*, grâce auquel les chaudronniers parviennent à faire payer un engin le double ou le triple de sa valeur, ou, quelquefois plus encore.

Le fabricant doit vérifier son appareil à ces points de vue. Pour cela, la marche à suivre ne présente pas de difficultés.

On met la pompe en fonction et l'on fait arriver de l'eau dans l'appareil, puis on introduit la vapeur au minimum, c'est-à-dire au quart de l'ouverture des robinets. On note la température initiale et le temps nécessaire à l'ébullition ainsi que la tension de la vapeur employée. On note également la quantité d'eau vaporisée dans l'unité de temps. On prend les mêmes observations pour une entrée de vapeur de la moitié et de la totalité de la section des robinets, et les différentes données qui résultent de cette vérification permettent de connaître la rapidité de travail de l'appareil. Le manomètre du vide in-

dique la pression, et le thermomètre la température du liquide en ébullition.

Tout appareil qui ne justifie pas les conditions normales indiquées plus haut, doit être refusé, et les marchés doivent porter cette stipulation.

Nous conseillons d'agir avec l'eau dans une expérience d'essai par la raison que la chaleur spécifique de l'eau étant plus considérable que celle du sucre et des sirops, un appareil qui est acceptable en agissant sur l'eau, sera *certainement* d'un très-bon usage avec les sirops.

D'autre part, les ornements, les inutilités, les accessoires fantaisistes doivent être repoussés avec énergie. Nous avons vu fonctionner parfaitement, dans une usine de Picardie, un triple effet et un appareil à cuire, dont le prix était la moitié de celui des mêmes engins fournis auparavant par une célèbre maison. Quand on peut avoir, pour 20,000 francs, à solidité égale, ce que les puissants de la chaudronnerie vendent 47,000 francs, il semble qu'il n'y ait pas lieu d'hésiter un instant. Pour cela, cependant, il convient d'être sûr de ce qu'on fait et de ne pas être assez ignorant en matière d'outillage pour accepter toutes les affirmations. Il faut connaître les conditions essentielles des engins que l'on achète.

Or un appareil à basse pression requiert d'abord une solidité de construction et une épaisseur suffisantes pour résister à une atmosphère de pression de dehors en dedans. Il doit chauffer par serpentins et non par tubes verticaux; la condensation des vapeurs doit être complète, et la pompe doit avoir un piston dont la section soit égale à $0^{mq},0030$ par mille kilogrammes de matière à traiter. Les organes accessoires, tubes d'aspiration, soupage de vidange, prises de vapeur, robinets divers, doivent fonctionner facilement et sûrement; le nettoyage doit être commode. Il n'y a pas lieu de regarder un appareil à basse pression comme un phénomène de construction, car, mis à part le fait d'une main-d'œuvre un peu plus longue et la nécessité d'une exécution soignée, cette machine est aujourd'hui de travail courant, et ne présente aucune difficulté de fabrication. La sucrerie n'a pas à s'inquiéter des condoléances basées sur ce prétexte illusoire.

Nous parlerons de très-peu d'appareils à cuire dans le vide. Tous se ressemblent par les côtés essentiels et ne diffèrent que

par quelques détails de forme, par certaines dispositions des organes ou de leurs parties, sans que rien soit modifié au fond dans les fonctions mêmes des instruments. La seule distinction capitale à faire entre les différents appareils repose sur le chauffage par les serpentins et le chauffage tubulaire. Dans le premier mode, on peut avoir un seul serpentin, remplissant de ses spires une partie de l'appareil, ou plusieurs serpentins superposés, comme dans la figure 120 ci-contre, qui représente le meilleur modèle de Cail. Dans le chauffage tubulaire, les tubes peuvent être verticaux ou horizontaux. Dans tous les cas, ils communiquent à l'extérieur avec la vapeur de chauffage, à l'intérieur avec le sirop, au moins avec les errements suivis, car on établit encore un autre système tubulaire, assez apprécié en Allemagne, dans lequel l'intérieur des tubes est parcouru par la vapeur, tandis que le sirop se trouve à l'extérieur. Cette disposition se confond presque avec celle des serpentins, bien qu'elle transmette moins de calorique.

La chaudière à serpentins superposés (fig. 120) est la plus avantageuse de toutes, en ce sens que, d'abord, elle permet de transmettre le maximum, et ensuite parce qu'on peut introduire la vapeur dans les serpentins, isolément et successivement, à mesure qu'ils sont couverts de liquide, et que l'on peut arrêter le courant de vapeur dans un serpentin qui ne serait plus plongé dans le sirop, ce qui prévient certains dangers d'altération.

Tout en louaut, franchement et sans arrière-pensée, la construction du modèle de la maison Cail, nous pensons que les serpentins seraient mieux disposés si on les établissait chacun sur un plan horizontal, au lieu de les établir suivant un arc sphérique ou elliptique. L'action serait beaucoup plus régulière et le but proposé plus complétement atteint. Quoi qu'il en soit, nous préférons la forme simple et presque sévère adoptée par les constructeurs français aux bizarreries créées en Allemagne.

Disons tout de suite que le grand souci des constructeurs et des spécialistes d'outre-Rhin est de remédier à l'entraînement du sirop dans la colonne de condensation. Cette préoccupation est portée à un degré de puérilité étrange, et l'on doit ajouter que les résultats obtenus ne semblent pas mériter tant de peine. Dans les constructions françaises, on se borne simplement à

créer un obstacle aux vapeurs, vers le point d'émergence, au chapiteau de la chaudière, de façon à retenir les particules de sirop qui pourraient être entraînées; on force ensuite ces



Fig. 120.

mêmes vapeurs, à leur arrivée dans la colonne, à frapper le tube de condensation et à remonter vers le sommet avant de redescendre dans ce tube; les sirops entraînés sont arrêtés dans la zone annulaire et peuvent en être extraits en temps opportun.

Les vis d'Archimède, les paraboloïdes et tout l'attirail qui complique certaines colonnes allemandes ne semblent pas avoir augmenté le rendement d'une fraction appréciable.

Ce qui vient d'être dit s'applique aux sirops qui ne montent pas et qui ne donnent pas une *cuite folle*. Cette proposition mérite une explication moins sommaire, car elle touche à l'un des points les moins connus et les moins appréciés de la pratique.

Lorsque la solution d'un principe cristallisable, comme le sucre, est pure, l'ébullition s'y produit d'abord d'une manière très-nette et *sans mousses*, pendant tout le temps que la liqueur est à densité assez faible pour que la masse ne fasse pas obstacle au mouvement ascendant des bulles de vapeur aqueuse. Lorsque la densité s'augmente par un effet normal de la concentration, les bulles se soulèvent avec plus de difficulté, elles se refroidissent pendant leur ascension et, en arrivant à la surface, elles s'*enrobent*, elles se *pralinent* d'une couche très-mince de la solution, du sirop si l'on veut, en sorte que chaque bulle de vapeur forme comme une petite vésicule, un petit ballon qui ne se rompt qu'après un certain temps. C'est ce phénomène qui produit, avec le sucre, ce qu'on pourrait appeler les *mousses de cuite*, mais qui n'a rien de commun avec des mousses provenant de la présence de matières étrangères. En effet, il suffit de suspendre un instant le travail d'ébullition pour voir que toutes ces bulles se rompent en temps très-court, et que la surface du sirop n'en présente plus de trace.

Au contraire, s'il existe dans la liqueur des matières colloïdes comme la gomme, la dextrine, les substances albuminoïdes solubles, l'albumine, la gélatine, etc., les mousses se produisent à l'ébullition beaucoup plus tôt, quelquefois dès le début; la matière s'*emporte* et *déborde* souvent. Cet effet est d'autant plus marqué et plus gênant que les substances colloïdes sont en proportion plus notable, et l'on pourrait presque y voir une indication du degré de pureté des liqueurs. A mesure que les sirops se concentrent, la production des mousses devient de plus en plus abondante et il arrive fort souvent que l'on ne peut en arrêter l'expansion. C'est dans ces circonstances que l'emploi des corps gras permet de pousser à sa limite une *cuite impossible*, une *cuite folle;* mais, le plus souvent, une partie de la matière s'élève jusqu'au sommet des vases et se répand au dehors, ou tombe dans des organes disposés pour la recevoir.

Toutes les fois que cet effet se produit et que la cuite n'est pas *sèche*, on doit en tirer l'une des conséquences suivantes :

1° Ou bien le sirop est alcalin et il renferme des matières albuminoïdes dissoutes à la faveur des alcalis;

2° Ou le sirop est acide et il forme, aux dépens du sucre, du glucose, qui agit comme la gomme et les autres colloïdes.

La simple énonciation de ces faits suffit pour faire comprendre

le remède à y apporter. Or il ne peut paraître étrange, dans l'état actuel de l'industrie sucrière, en présence de cet entêtement avec lequel des personnages, même instruits, prétendent que les sirops doivent être alcalins, il n'est pas étrange, disons-nous, que la production de mousses abondantes soit tellement fréquente, que l'on se soit ingénié à en combattre les effets par des dispositions matérielles. Il vaudrait mieux, d'après nous, apporter plus de soin à éliminer entièrement les colloïdes, et à débarrasser les liqueurs sucrées de toutes les matières azotées; car, dans ce cas, on n'aurait plus qu'un *bouillon sec,* et il ne serait nécessaire de surveiller les sirops que lorsqu'ils arrivent presque au point de cuite.

Cette observation nous semble d'autant plus intéressante que nous en avons démontré la réalité à des centaines de personnes. Un vase quelconque, plein de sirop à 50 0/0, avec le vide suffisant pour permettre la dilatation régulière, entre en ébullition sans produire de mousses, et il ne commence à donner lieu à ce phénomène que lorsqu'il est parvenu à une richesse de 80 0/0 environ, pourvu que les colloïdes aient été éliminés.

Un autre modèle de la chaudière à cuire dans le vide, au moins aussi bon que le modèle de Cail, nous est fourni par la figure 121, qui représente la chaudière à basse pression des frères Brissonneau. Ces constructeurs ont obtenu le chauffage graduel des sirops au moyen de trois serpentins, dont un de fond et deux autres concentriques, dans lesquels la vapeur est introduite par des robinets à soupape. La calandre, qui forme le corps de la chaudière, est d'une assez grande hauteur pour obvier, en tant que possible, à l'entraînement des sirops, et une sorte de pavillon de retenue, au point d'émergence, complète cette précaution rationnelle et indispensable.

De la prise générale *d*, la vapeur pénètre, à volonté, par l'une des prises *a*, *b*, *c*, dans l'un des serpentins.

Les sirops de premier jet sont aspirés par le tube *h*; ceux de deuxième jet sont aspirés par *g*. La sonde *l* sert à prendre les preuves; *k* est le robinet à beurre, *o* l'indicateur du vide, sans parler du manomètre indicateur de la pression de vapeur, très-visible sur la figure. Un petit robinet sert à faire rentrer l'air dans l'appareil, *e* est une prise de vapeur pour le nettoyage, et la vidange *v* est un cône, dont la manœuvre est fort commode. Dans le condenseur, un indicateur de niveau *i* permet de sur-

veiller les sirops entraînés, et le moment où il convient de les expulser par le tube *j*. Enfin, dans la partie inférieure *s*, se

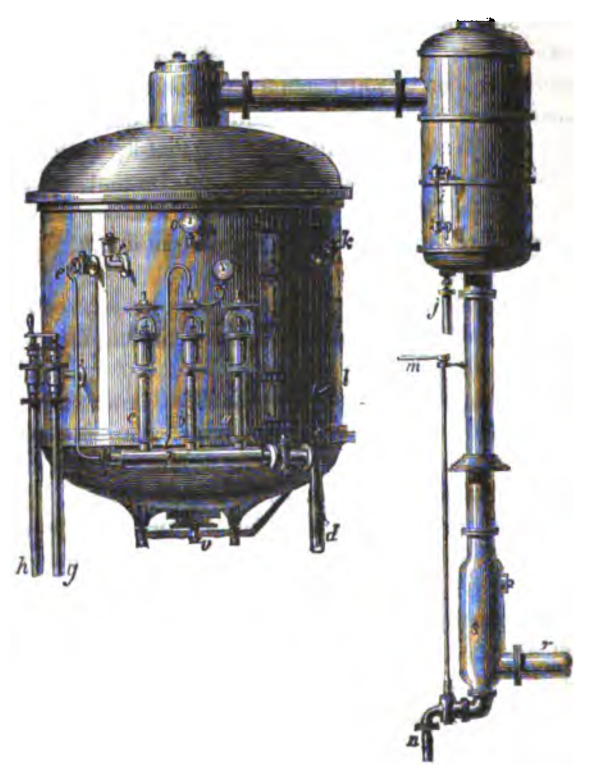


Fig. 121.

trouve le tube d'injection d'eau froide, qui est amenée par le tube *n* et dont le débit est réglé par le robinet *m*; le tube *r* se relie à la pompe d'aspiration.

Cette machine est parfaitement comprise, et les constructeurs ont su accomplir toutes les fonctions normales et régulières d'un bon appareil à basse pression, sans rien sacrifier à la fantaisie.

La figure 122 donne une coupe dans les serpentins qui permet de se rendre un compte précis des dispositions intérieures adoptées.

En résumé, ce qui semble préférable à tous égards, dans la

pratique, relativement aux chaudières à basse pression, c'est l'emploi des serpentins comme organes de chauffage et, surtout, des serpentins superposés, ou multiples, qui permettent le chauffage progressif des sirops. Nous devons signaler aux fabricants la nécessité de s'attacher particulièrement à cette disposition rationnelle, tout en engageant les constructeurs à la perfectionner encore.

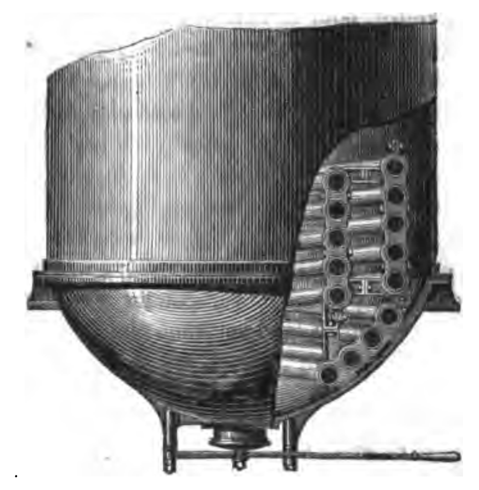


Fig. 122.

En effet, les serpentins superposés, à plans horizontaux, seraient encore préférables en pratique. Chaque plan de serpentin, étant distant du suivant de 20 centimètres, par exemple, on pourrait loger, dans un appareil, une surface de chauffe beaucoup plus considérable et obtenir des effets plus rapides. L'économie du temps n'est pas une petite économie. D'un autre côté, l'action de chaque plan pouvant être arrêtée instantanément, on peut régler, comme on l'entend, le travail intérieur, ce qui est loin d'être sans importance. Nous construisons une chaudière dans ce sens, et nous avons trouvé qu'il est très-facile de régulariser la disposition de ces plans successifs, puisqu'il suffit de quelques traverses et de quelques armatures pour donner à l'ensemble une solidité parfaite. Une modification très-utile à ce mode d'installation consiste à disposer chaque plan en couronne, c'est-à-dire à réserver au milieu un espace vide qui permette un nettoyage facile.

Il convient encore de mentionner une précaution avantageuse qui prévient la déperdition de chaleur par rayonnement. On recouvre de bois la calandre des chaudières formées d'un cylindre et de deux calottes, et cette enveloppe s'oppose aux pertes de calorique qu'il est bien difficile d'éviter avec la forme sphérique.

Il nous semble aussi que le trou d'homme réservé sur le dôme ou sur la calandre, pour le nettoyage intérieur et pour les réparations urgentes, pourrait être d'un plus grand diamètre qu'on ne le fait habituellement. Il n'y a pas à craindre que ce trou d'homme puisse déterminer le moindre inconvénient, s'il est bien établi et s'il porte une bonne garniture de caoutchouc. La pression, se faisant de l'extérieur à l'intérieur, contribue à rendre l'occlusion très-hermétique, et il existe des appareils à basse pression, formés de deux calottes accouplées, dont la fermeture ne s'opère que par la pression atmosphérique, et dont la pièce supérieure peut s'enlever comme un simple couvercle aussitôt que l'on détruit le vide. Nous citerons, en particulier, dans cet ordre d'idées, un appareil très-ingénieux construit par M. Berjot, et destiné à la préparation, dans le vide, des extraits pharmaceutiques. L'instrument fonctionne avec une parfaite régularité sous l'action des pompes d'aspiration, et la fermeture est d'autant plus exacte que le poids de la calotte supérieure est augmenté de celui de l'atmosphère, dans la proportion du vide produit. Aussitôt que l'on fait rentrer l'air dans l'intérieur, la calotte supérieure cesse d'adhérer à la garniture de la calotte inférieure; on peut enlever la première et agir à l'intérieur comme dans un simple chaudron.

Il nous semble qu'il serait très-rationnel et très-avantageux de disposer les trous d'homme d'après cette indication, de leur donner un diamètre plus grand et de se contenter de les fermer avec un étrier à vis de pression. La garniture, large de cinq centimètres et épaisse de trois, assurerait un bon joint, et l'on n'aurait pas à craindre la rentrée de l'air. La commodité qui en résulterait, pour tout ce qui pourrait se présenter à faire dans l'intérieur de la machine, permettrait de ne pas reculer devant une foule de petites réparations et de menus soins d'entretien, pour lesquels on cesserait d'avoir besoin d'un ouvrier spécial, et ceci est à considérer pour les fabriques.

Si l'appareil Cail à serpentin mérite des éloges, et s'il satis-

fait incontestablement aux exigences légitimes de la fabrication, nous ne pouvons en dire autant d'un appareil à chauffage tubulaire, construit dans le même établissement, et destiné, paraît-il, aux colonies (fig. 123). Sans voir, pour le moment,

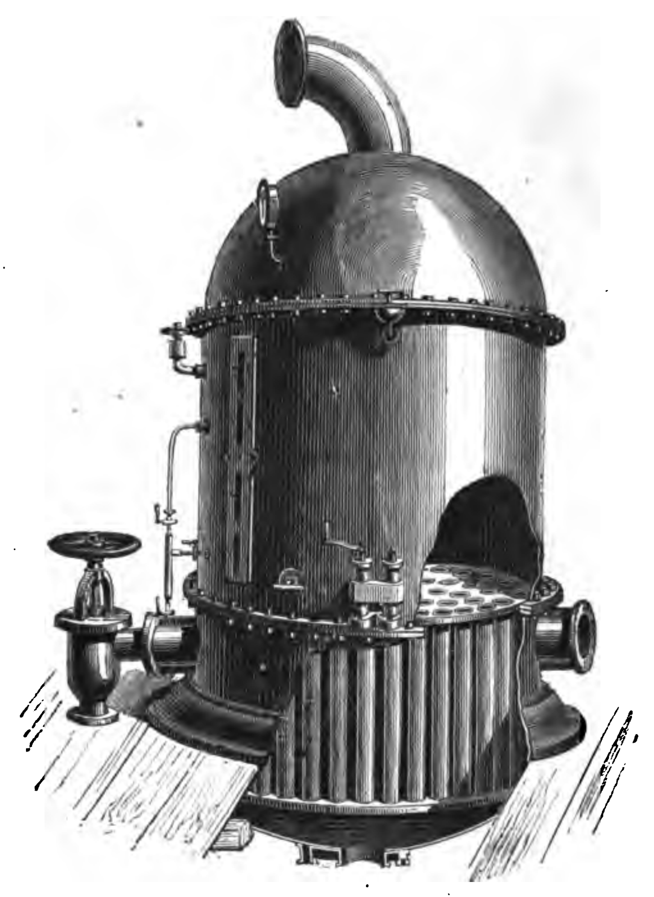


Fig. 123.

quels inconvénients il présente pour la fabrication exotique, nous nous contentons de le regarder comme un des types réguliers des appareils à chauffage tubulaire et à tubes verticaux, chauffés par l'extérieur. Cette disposition, dont quelques-uns ont voulu faire un perfectionnement et que plusieurs constructeurs ont adoptée, nous paraît contraire à toutes les règles d'une

bonne construction. Le chauffage est plus difficile, le travail plus long et plus coûteux, précisément parce que la transmission est moindre. Les joints et les assemblages, très-nombreux, exposent à des fuites et, par conséquent, à des réparations fréquentes, en sorte que, malgré tout ce qu'on peut dire en leur faveur, nous ne pouvons songer à placer les tubes verticaux en comparaison avec les serpentins.

En outre des inconvénients signalés, il en est un autre assez grave et dont il faut tenir grand compte lorsque l'on fait la cuite en grains, et que l'on ne se borne pas à cuire au filet. Les tubes s'obstruent très-rapidement, lorsque la cuite arrive vers le grain, et ils se remplissent d'agglomérations cristallines, au moins dans leur partie inférieure, en sorte qu'il s'établit un obstacle très-notable à la transmission du calorique et que la fin de l'opération peut devenir difficile, sans parler de la nécessité de nettoyer l'intérieur des tubes avec un soin particulier. Cette disposition des tubes de chauffage ne présente absolument aucun côté avantageux, et il est assez difficile de se faire une idée bien nette des motifs qui en ont amené l'adoption.

Lorsque les tubes droits, horizontaux ou verticaux, admettent la vapeur à l'intérieur, et qu'ils sont baignés par le sirop, cette objection cesse d'avoir une portée, et l'on se trouve placé à peu près dans le cas des serpentins. La seule différence à constater, qui présente une valeur digne d'attention, consiste en ce que ces tubes transmettent à peu près un quart de moins, si le retour de la condensation n'est pas parfaitement réglé. Même dans ce cas, la transmission de calorique est moindre que dans les serpentins, parce que la vapeur ne rencontre pas d'obstacle sur sa voie, et qu'elle ne fait que lécher les parois intérieures, à peu près comme elle le ferait dans un faux fond. Dans les serpentins, au contraire, la disposition en spirale force la vapeur à une sorte d'application directe sur les parois pendant tout le cours de son trajet; le refroidissement est plus complet et la transmission proportionnelle.

VII. — CRISTALLISATION. — TRAITEMENT DES MASSES CUITES.

La fabrication perfectionnée ne fait rien de plus que ce qui a été exposé précédemment (p. 258 et suiv.) relativement à la cristallisation du sucre. Cependant, nous devons faire observer

que la tendance générale, portant les fabricants vers la cuite en grains, les conduit, par le fait, à une cristallisation plus rapide et à une certaine économie de temps. La cuite au filet est beaucoup moins pratiquée maintenant, par suite, pensons-nous, d'une erreur d'appréciation.

S'il est vrai que les cristaux fins sont plus purs que des cristaux complexes et que le blanchiment en est plus facile, il convient d'ajouter que le rendement n'atteint pas toujours, en premiers jets, la limite désirable, à cause de la quantité de cristaux qui passent à travers les toiles métalliques. Pour que la cristallisation du sucre dans les appareils soit irréprochable, il importe que le cuiseur fasse une attention extrême à son travail et qu'il apporte tous ses soins à faire acquérir aux cristaux un volume suffisant, sans exagération toutefois, afin de pouvoir obtenir le rendement maximum en premiers jets, ce qui est le but capital à atteindre.

Quoi qu'il en soit, après la cuite à l'air libre, on laisse refroidir les sirops jusque vers +80° en les agitant, et l'on met en formes lorsque le grain se montre nettement. Cette pratique est la plus ancienne, et c'est encore la meilleure. D'autres envoient directement le sirop cuit dans de grands cristallisoirs, où la formation des cristaux se produit spontanément par le refroidissement. C'est à peu près de cette manière que l'on traite presque partout les sirops cuits au filet, à l'air libre. Si la cuite s'est faite en sirop dans le vide, on les fait réchauffer, puis on laisse grener et l'on emplit, en formes, en caisses, ou en bacs.

La cristallisation des masses cuites en grains se complète par quelques heures de repos en bacs, sans qu'il paraisse utile de les refroidir ou de les réchauffer.

Nous n'insisterons sur aucun de ces points, le lecteur sachant parfaitement à quoi s'en tenir au sujet de la cristallisation. Rappelons seulement que le fabricant peut toujours obtenir la forme cristalline régulière et une grosseur convenable, et que ce résultat dépend absolument de la lenteur ou de la rapidité de la cristallisation. La cristallisation rapide donne toujours des cristaux très-fins et très-ténus; la cristallisation lente les fournit plus gros et plus résistants.

Cette observation constitue toute la règle à suivre. On ralentit la cristallisation en cuisant *moins serré*, ou bien encore en maintenant une température plus élevée dans l'empli; la

formation des cristaux est plus rapide après une cuite serrée, et par un refroidissement plus prompt.

La méthode pratique la plus avantageuse consiste à concentrer les sirops le plus possible, à cuire très-serré et à retarder ensuite le refroidissement par tous les moyens dont on dispose. On obtient ainsi, tout à la fois, des cristaux très-nets et bien formés et le maximum du rendement en premiers jets.

VIII. — PURGE OU SÉPARATION DES CRISTAUX.

Par suite de l'adoption de la cuite en grains et de la cristallisation en bacs, la purge ne se fait plus en formes ou en caisses que rarement et accidentellement, et la fabrication pratique la séparation des cristaux et leur blanchiment par le travail à peu près exclusif de la turbine ou de l'essoreuse.

On ne peut se refuser à reconnaître les avantages de cette marche rapide, à l'aide de laquelle on peut livrer au commerce, en vingt-quatre ou trente heures, le sucre des racines extraites la veille des silos, et nous sommes tellement convaincu de l'utilité de la turbine en sucrerie que, même pour les petites sucreries agricoles, nous en avons adopté l'emploi, qui dispense d'un matériel assez considérable et permet de liquider la situation au jour le jour.

Dans la pratique de la grande industrie, les masses cristallisées sont enlevées des bacs, malaxées dans un égrugeur après addition d'un peu de sirop d'égout, passées à la turbine et blanchies par le clairçage. Ce clairçage se fait, comme il a été dit, par lavage, à l'aide du sirop dilué, d'eau ou de vapeur...

La turbine que l'on emploie le plus généralement en France est représentée par la figure 54 (p. 281), et nous avons dit les raisons qui nous font préférer ce dispositif à l'installation allemande. La turbine Brissonneau, dont la figure 124 donne la coupe verticale, et la figure 125 une coupe diamétrale au-dessus du fond, présente une disposition particulière sur laquelle il peut être utile de dire un mot. Les inventeurs ont voulu obvier à un inconvénient qui se rencontre dans la plupart des essoreuses. Le sirop d'égout, chassé contre les parois de la cuve par la force centrifuge, ne tombe sur le plan inférieur qu'avec une certaine lenteur, et il s'échappe plus lentement encore par l'orifice de sortie. Il en résulte une certaine difficulté pour la

séparation des sirops de clairçage d'avec les sirops d'égout, ce qui contribue à mélanger des matières plus pures avec d'autres

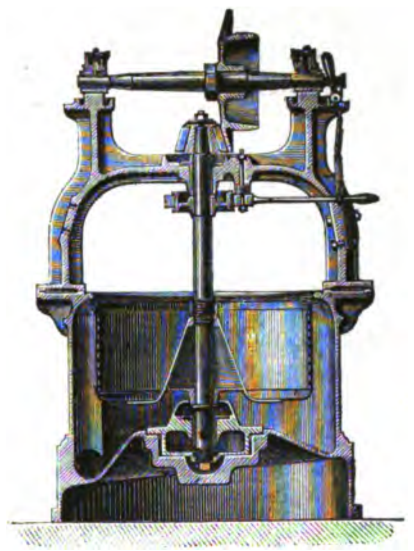


Fig. 124.

qui le sont moins, et empêche souvent qu'on puisse se servir encore des sirops employés à la purification de la masse tur-



Fig. 125.

binée. La turbine Brissonneau a été modifiée en ce sens qu'elle présente une nouvelle disposition de l'ouverture de sortie et de

la gouttière. L'ouverture de sortie règne du haut en bas de la cuve ; les sirops et l'air s'en échappent suivant la tangente par une trompe portant à la partie inférieure un tuyau d'écoulement. La gouttière est disposée en hélice ; elle a son point culminant au bord de l'ouverture de sortie dans le sens du mouvement, et la partie la plus basse forme le fond de l'ouverture de sortie.

Pour échapper aux inconvénients que présente le clairçage à la turbine dans les conditions suivies, il conviendrait de revenir aux règles technologiques applicables, dont nous avons entretenu le lecteur. La purge des cristaux ne doit se faire qu'à l'aide de *sirops saturés*, de plus en plus incolores. Elle doit se faire sous une certaine pression. Pourquoi donc ne se bornerait-on pas à l'acte essentiel du turbinage, qui consiste à débarrasser les cristaux des eaux mères seulement, et ne ferait-on pas le clairçage et le blanchiment dans une opération différente, à l'aide de la pression de l'air et avec un appareil analogue à celui de la figure 58? Ce mode conduirait bien, à la vérité, à scinder le travail relatif à la purge et au blanchiment des cristaux de sucre, mais il présenterait, à côté de ce petit ennui, des avantages très-considérables. On pourrait ainsi isoler les sirops de claire des sirops d'égout et faire servir les premiers jusqu'à ce qu'ils soient parvenus à un degré d'impureté qui les rendrait impropres au clairçage. On pratiquerait une sorte de raffinage du sucre brut, en sorte que la proportion des matières étrangères et des sels diminuant notablement, on abaisserait, par le fait, le chiffre de la réfaction. Tout cela est à considérer, et nous sommes persuadé que les fabricants de sucre verront, dans cette marche, un moyen très-sérieux d'amélioration.

IX. — ÉPUISEMENT DES EAUX MÈRES.

Il n'a pas encore été trouvé de modifications sérieuses au traitement des sirops d'égout, que l'on se borne à soumettre à de nouvelles concentrations, à des recuites (p. 288), pour en obtenir de nouvelles quantités de cristaux, jusqu'à ce qu'ils refusent de cristalliser.

Il est certain que ce mode est le plus rationnel en ce qui concerne les sirops d'égout de premier jet; mais il semble que, à

partir de cette reprise, il devrait y avoir quelque chose de mieux à faire.

La cristallisation difficile et lente des troisièmes jets, provenant de la betterave, occupe souvent une partie du matériel pendant plusieurs mois après la fin de la campagne, et il arrive parfois que la liquidation ne peut se faire que vers la fin de juin. Cette situation est mauvaise, évidemment, et nous sommes forcé de convenir que nous n'en voyons pas le remède dans les moyens proposés, dont la plupart ne semblent pas avoir été étudiés sérieusement. Nous les examinons dans le prochain chapitre, et le lecteur pourra se convaincre de l'inanité de plusieurs procédés dont il a été fait grand bruit. Or, pour ramener les choses à leur vrai point de départ, on doit comprendre que, si les sirops d'égout ne renfermaient pas de matières azotées et d'alcalis, on pourrait en obtenir la cristallisation aussi promptement que celle des premiers jets. Cette proposition n'est pas contestable. Pourquoi donc ne pas diriger ses efforts vers la séparation des matériaux plastiques, puis des sels minéraux et des alcalis? Ce qui serait impossible avec la masse énorme des premiers jets devient applicable sur les sirops d'égout de deuxième jet, qui représentent seulement 30 0/0 de la première masse cuite. Nos expériences personnelles nous autorisent à penser que l'élimination des substances azotées est très-facile par l'emploi des astringents. Quant à celle des alcalis, nous avouons qu'elle présente plus de difficultés, mais elle ne doit pas être considérée comme impossible. Nous avons sous les yeux un échantillon de masse cuite, bien grenée, provenant de mélasse épuisée de raffinerie. Cette mélasse, débarrassée des alcalis par un tartrate, avait d'abord donné une quantité de tartrate de potasse, peu soluble, proportionnelle à son alcalinité. Un léger chaulage, suivi de neutralisation, avait permis la cuite, qui fut aussi serrée que possible, et les cristaux se sont formés régulièrement en trois ou quatre jours.

Dans une autre expérience, la mélasse, étendue à 20°B, fut additionnée de sulfate d'alumine jusqu'à neutralisation convenable. La concentration, après filtration, donna lieu à une cristallisation très-nette d'alun, et l'eau mère, contenant le sucre en dissolution, fut partagée en deux parties. Une portion, traitée par l'alcool, laissa déposer le reste du sulfate double qui

était en assez petite quantité. L'autre portion fut additionnée de chaux.

Le peu d'alun subsistant dans la liqueur fut décomposé; il se forma du sulfate de chaux, du sulfate de potasse et de l'alumine libre. La liqueur s'était notablement décolorée. Après filtration du liquide, l'emploi d'un peu de phosphate soluble de chaux détermina encore un peu de précipité, et, après neutralisation, la cuite put se faire parfaitement, et la cristallisation eut lieu en quatre jours.

Ces expériences ne semblent-elles pas indiquer la voie à suivre et ne démontrent-elles pas, en somme, que, par un procédé chimique rationnel, encore à coordonner et à régulariser, mais dont les bases scientifiques sont connues, il serait possible de retirer la presque totalité du sucre des bas produits, sans perdre le temps que l'on dépense à une reprise peu fructueuse des sirops de deuxième jet? Nous soumettons ces questions à la fabrication qu'une solution technique doit intéresser à un haut degré, et nous serions heureux d'avoir provoqué des recherches consciencieuses vers le but dont il vient d'être parlé.

X. — UTILISATION DES RÉSIDUS.

Les résidus de la fabrication indigène perfectionnée sont les *pulpes* et les *cossettes*, les *écumes* et les *dépôts*, les *mélasses* et les *noirs épuisés*. Il n'a été encore fait que bien peu de chose dans le but d'obtenir une meilleure utilisation de ces matières, et ce que nous en avons dit (p. 295) suffit à faire comprendre la situation. Nous ajoutons cependant quelques données complémentaires sur différents points qui peuvent intéresser la fabrication.

Pulpes. — Le *desideratum* relatif aux pulpes de râperie pressées consiste dans leur épuisement complet.

On sait que la matière insoluble de la betterave ne s'élève qu'à 4 0/0 du poids des racines. Or la fabrication laisse de 16 à 20 ou même 22 de résidus pour 100 de racines, d'où il résulte une perte en jus de 12 à 18 0/0. Plusieurs moyens ont été proposés pour arriver à un épuisement plus complet de la pulpe râpée, et, parmi ces moyens, le procédé mixte de Walkhoff mé-

rite une attention sérieuse. Nous en renvoyons l'examen au chapitre suivant.

La perte en sucre est donc égale à une moyenne de 15/96 de la totalité, c'est-à-dire à près d'un sixième de celui qui est produit par le sol.

Les pulpes traitées par la turbine sont très-aqueuses et leur poids est de 33 0/0 de celui de la pulpe normale. Elles contiennent donc 29 de jus et 4 de matière solide. Ce jus, très-dilué par les additions d'eau, contient en moyenne :

Eau	27,809
Sucre	0,828
Matières solubles, différentes du sucre.	0,363
	29,000

Une pression complémentaire réduirait la perte en sucre, mais il ne faut pas oublier que l'on n'atteint ce degré d'épuisement que par l'addition d'une quantité d'eau énorme.

Au point de vue de l'alimentation du bétail, les pulpes de turbines sont moins nourrissantes que les pulpes de presse hydraulique, puisque la masse de celles-ci, pour 100 kil. de racines, est de 19 en moyenne, tandis que celles des premières est de 33,4.

Cossettes.—En grande industrie, les cossettes ne sont encore traitées que par des procédés particuliers, dont il y aura lieu d'étudier les bases. Nous dirons seulement que tout procédé dans lequel les résidus sont altérés par le contact d'agents chimiques quelconques doit être repoussé de la pratique.

Écumes et dépôts. — La composition des écumes de défécation et des dépôts provenant du chaulage et de la saturation est extrêmement variable, selon la nature et la composition des betteraves, selon le mode et la proportion du chaulage, etc. Un calcul de généralisation serait donc parfaitement inutile à cet égard.

On admet que les dépôts et les écumes retiennent de 35 à 50 de jus après la pression, soit 42,5 0/0 en moyenne et que les écumes pressées répondent à 3,5 du jus. Sur une fabrication de 100,000 kil., par 88,000 k. de jus, on a donc environ 3,080 k. d'écumes pressées qui renferment 1,309 kil. de jus, ce qui représente une perte de 1,49 0/0 de la masse totale.

Ce n'est pas cependant que les procédés relatifs au traitement des écumes et des dépôts n'aient subi des modifications importantes et qu'ils n'aient été sensiblement améliorés. L'adoption du filtre-presse a fait faire un progrès immense à cette question, et, malgré tout, la perte est encore très-considérable.

L'histoire de ces appareils ne remonte guère au delà de 1862 et cependant elle est déjà grosse de contestations. Nous n'avons pas à entrer dans les détails relatifs à cette question, et il nous suffira de dire que le principe fondamental du filtre-presse est aujourd'hui dans le domaine public, et que ces appareils sont établis par tous les constructeurs avec de simples variations de forme.

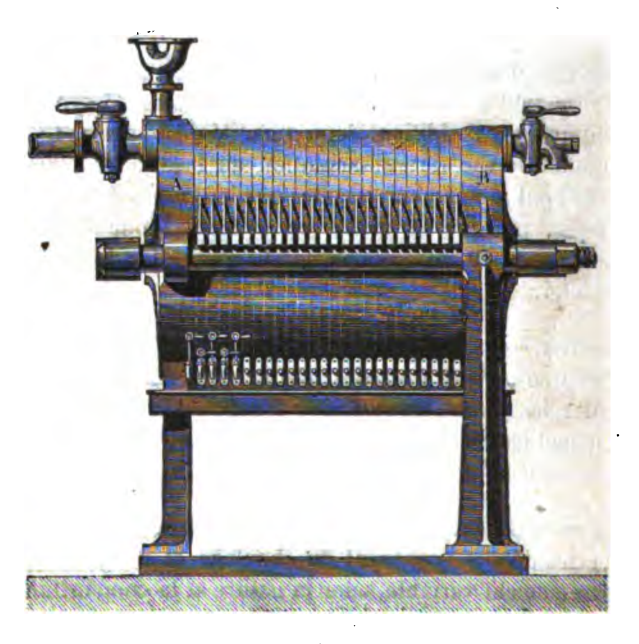


Fig. 126.

C'est à un Anglais, Needham Kite, que le premier dispositif des filtres-presses paraît devoir être attribué. En tout cas, il fut le premier qui fit connaître des filtres à plateaux connexes, dans lesquels la matière était introduite par des pompes sous une pression variable. Ces premiers instruments étaient en bois.

Danek et Trinks perfectionnèrent l'engin primitif. Le premier l'établit tout en fer, avec cette particularité que les matières à presser pénétraient entre les châssis mobiles par un canal latéral, à la partie supérieure des plateaux. Dans le filtre de Trinks, l'introduction des matières se faisait par un canal central. La plupart des filtres-presses actuels se rattachent à l'un ou à l'autre de ces deux types. On construit les châssis de forme ronde ou ovale, carrée ou polygonale, sans que ces modifications présentent la moindre importance relativement à l'effet produit.

La figure 126 donne l'élévation d'un filtre-presse à plateaux cylindriques, construit par MM. Durieux et Roëttger, de Lille, et la figure 127 en représente un plan d'ensemble.

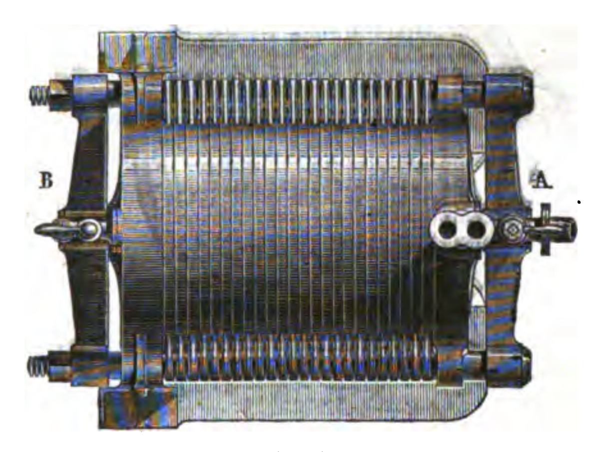


Fig. 127.

La pièce A est mobile et B reste fixe. Le mouvement de A est sollicité par le pas d'une vis très-résistante et cette pièce avance ou recule sur deux fortes tiges cylindriques latérales, qui supportent toutes les pièces. L'ensemble est porté sur des pieds en fonte très-solides.

Dans cet instrument, les châssis ou plateaux (fig. 128) sont simplement posés sur les brancards latéraux et reposent sur les poignées à l'aide desquelles on les déplace. On dispose sur les brancards, entre la pièce A et B, autant de ces châssis que le permet la longueur des tiges qui règle l'écartement entre A et B, en tenant compte de l'espace nécessaire au fonctionnement,

et, lorsqu'on a serré la vis centrale qui agit sur A, tous les châssis sont pressés les uns contre les autres et ne forment plus qu'un tout solide, dont les pièces A et B sont les deux extrémités.

L'occlusion hermétique entre les châssis est assurée par un rabotage soigné des surfaces et, de plus, par l'interposition d'une lame de caoutchouc dans une rainure ménagée à la fonte.

Les châssis (fig. 128) sont des plaques de fonte dont le dessin représente une coupe et l'une des faces.

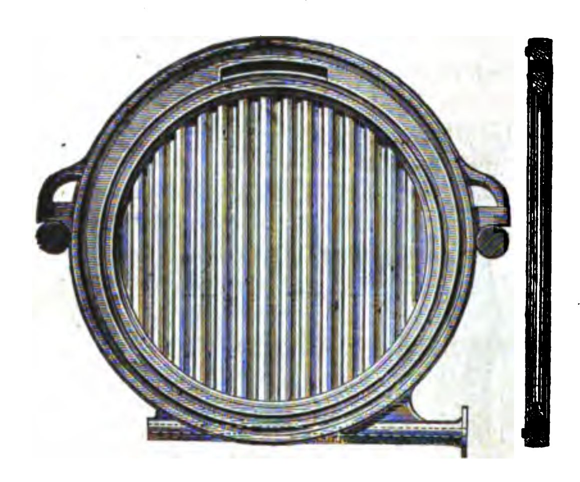


Fig. 128.

La coupe indique les garnitures. Le fond des parois est cannelé par des rainures qui peuvent conduire facilement les liquides vers une rigole formant collecteur, par laquelle devra s'écouler le produit liquide de la pression. A la partie supérieure, règne une ouverture d'une section suffisante pour le passage facile des matières, et l'on comprend que cet orifice forme un canal continu dans toute la longueur de l'appareil lorsque les pièces sont réunies. Comme, d'ailleurs, le bord inférieur de l'ouverture est taillé en biseau et est surbaissé d'un demi centimètre, il en résulte que, lorsque les plateaux sont serrés, la matière peut s'introduire dans chaque espace intermédiaire par une section de un centimètre environ, sur une longueur variable.

La garniture des châssis se fait très-simplement. Sur le fond cannelé du plateau ou pose une tôle perforée, ou un canevas de gros fil de laiton, que l'on fixe par quelques rivets ou par des vis. Par-dessus, on place une toile filtrante portée sur un cadre, ou sur une baguette circulaire, qui s'adapte dans une rainure du plateau, de manière qu'on puisse la retirer à volonté. La même garniture se fait des deux côtés. Lorsque les plateaux sont réunis, ils se trouvent séparés par un espace intermédiaire dont les deux parois, de dedans en dehors, présentent une toile, une tôle perforée, et les rainures d'écoulement de la plaque de fonte.

On comprend que la matière, en s'introduisant par l'ouverture d'arrivée, pénétrera dans les espaces intermédiaires, entre les toiles; que, sous une pression donnée, elle sera comprimée plus ou moins fortement, et que le liquide sera forcé de passer à travers les toiles pour se rendre, par les rigoles d'écoulement, vers le tube collecteur. Les pièces A et B portent les mêmes garnitures du côté intérieur.

La figure 129 représente un filtre-presse de ce système, tout

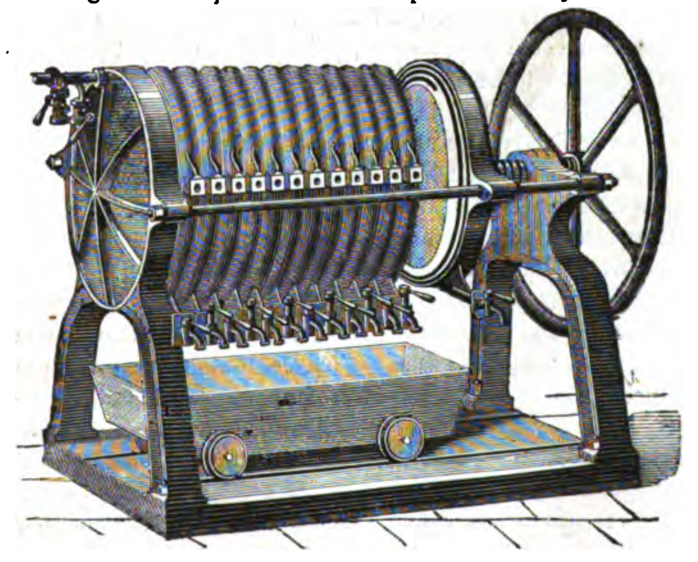


Fig. 129.

monté et prêt à fonctionner, dont on a ôté un plateau pour en faire voir l'intérieur. Cette figure donne, en outre, l'idée d'une

modification assez utile. Le levier qui agit sur la vis de pression est remplacé par une roue ou une espèce de volant dont l'emploi est beaucoup plus commode.

La manœuvre de l'appareil est très-compréhensible. Les plateaux étant garnis et serrés les uns contre les autres, et les écumes ou dépôts à presser se trouvant dans un monte-jus, on introduit la vapeur dans ce monte-jus, puis, on ouvre le robinet du tube d'arrivée, correspondant à l'ouverture de distribution qui porte la matière entre les plateaux. La matière, comprimée dans le monte-jus, pénètre dans le filtre sous la pression de la vapeur, et elle se comprime entre les châssis. On doit ouvrir très-graduellement le robinet du tube d'arrivée.

Le liquide coule d'abord un peu trouble et les premières portions doivent retourner à la saturation. Lorsque le liquide ne coule plus que goutte à goutte, c'est la preuve que les compartiments sont remplis et que le travail est terminé. On ferme les robinets d'adduction sur A (fig. 126), on ouvre le robinet de la pièce fixe B. Par le tube horizontal annexé à ce robinet, on introduit une tige dans le canal d'arrivée des matières, puis on fait arriver de la vapeur qui fait sortir les matières du canal, lesquelles ne sont pas pressées, puisqu'elles ne sont pas placées entre les toiles filtrantes et qu'elles ont conservé leur fluidité.

On ferme l'arrivée de vapeur, puis on desserre les plateaux; on fait tomber les tourteaux et l'on nettoie sommairement les espaces intermédiaires. Il ne s'agit plus que de resserrer les plateaux pour que l'appareil soit prêt pour une autre opération. Les tourteaux sont enlevés à l'aide d'un petit chariot.

Chaque pression ne dure que quelques minutes et ce genre de travail, d'une commodité extrême, donne lieu à une grande économie de temps et de main-d'œuvre, tout en supprimant la malpropreté de l'ancien travail des presses ordinaires. Les toiles ne s'usent que fort peu et seulement par l'action de la chaux, en sorte que, sous ce rapport encore, l'emploi du filtre-presse est très-avantageux.

Nous ferons observer que, dans la construction de Daneck, les plateaux cannelés alternaient avec des châssis dont le rôle était de former le bord des tourteaux et d'en régler l'épaisseur. Le filtre qui vient d'être décrit supprime avantageusement cette complication.

Walkhoff, dont l'intelligence pratique ne peut être méconnue, et qui a le rare mérite de diriger son attention vers le côté applicable des choses de la sucrerie, a imaginé une disposition

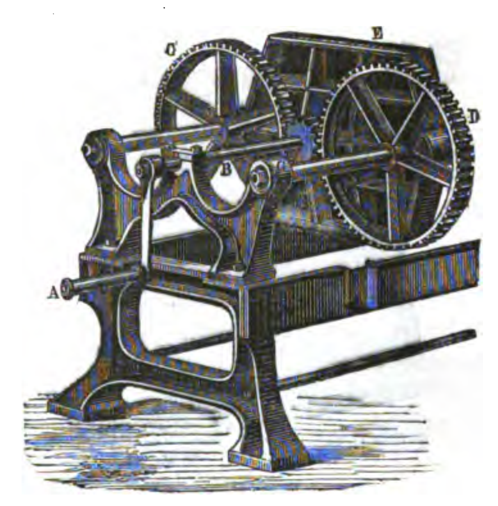


Fig. 130.

par laquelle il remédie à l'inégalité de pression qui peut se produire entre les plateaux, lorsqu'ils ne sont pas serrés de la même manière sur chaque tringle latérale. Aux deux écrous de ces tringles il adapte des roues dentées C, D, commandées par un pignon central auquel le mouvement est donné par la manivelle A. Le bâti B est disposé pour supporter les extrémités G des arbres de ces roues dentées qui sont engagées dans la plaque mobile du filtre. Cette disposition permet de presser uniformément les plateaux et de ramener la plaque E, lorsqu'on desserre l'appareil, en sorte que le travail se trouve à la fois amélioré et simplifié.

La figure 131 représente le filtre-presse de Trinks et l'un des châssis de cette presse est représenté par la figure 132.

Nous ne reproduisons cette machine que par un intérêt de curiosité, bien que la maison Cail ait exposé, en 1867, un filtre de ce modèle. Il est, en effet, tombé à peu près en désuétude, en présence des dispositions beaucoup plus rationnelles et plus ingénieuses des filtres français. Le défaut d'élégance et l'espèce de grossièreté de cette construction n'ont pas peu con-

tribué à la mettre en discrédit; mais, à côté de ces détails de faible importance, on peut lui reprocher l'alimentation par le

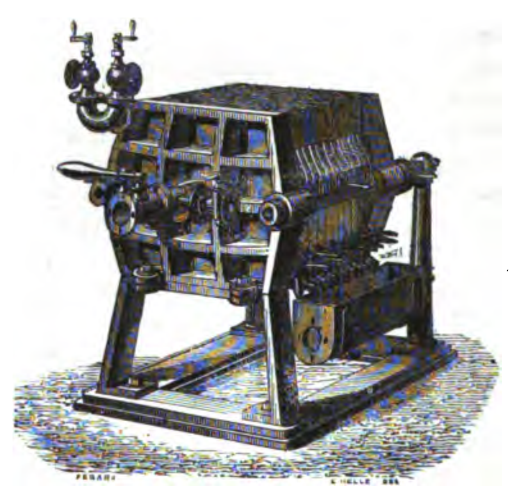


Fig. 131.

centre, un mauvais agencement des toiles et la forme quadrangulaire des châssis, qui se prête mal à un nettoyage rapide et convenable.



Fig. 132.

rapide donc !

Nous n'en parlons donc que pour mémoire et seulement parce que cette forme constitue une sorte de type dont il est nécessaire d'avoir une idée.

En dehors de ces types et de plusieurs autres actuellement construits par divers fabricants, on peut en imaginer d'autres encore dont les dispositions peuvent être plus avantageuses. Ainsi, nous pouvons citer un filtre à double effet, dont une seule pièce fixe occupe le milieu et qui est formé de deux filtres accouplés. Pendant que l'un des filtres fonctionne, qu'il

est sous pression, l'autre est en vidange et en nettoyage. Un seul de ces filtres peut suffire à une usine très-importante. Nous faisons encore construire un *filtre-presse bivalve*, pour les usines agricoles, et nous avons tout lieu de le regarder comme fort satisfaisant. Ce filtre est composé seulement d'une pièce centrale fixe et de deux pièces mobiles, adaptées à charnières, dont la manœuvre rappelle exactement celle de deux portes d'armoire qui seraient fermées par une vis de pression. Un caoutchouc, engagé dans une rainure, assure l'étanchéité des joints. Ce filtre ne fait que deux tourteaux à la fois, mais il suffit très-bien pour le traitement des écumes d'une petite fabrique de 30,000 à 40,000 kilogrammes. On peut, d'ailleurs, lui donner des dimensions assez considérables pour satisfaire à des besoins plus importants.

Malgré la puissance des machines dont il vient d'être question, les tourteaux d'écumes retiennent encore une proportion de sucre assez notable, qui est représentée par la moyenne de $1^k,75$ de jus normal pour 100 kil. de racines. En doublant ce chiffre pour tenir compte du jus qui reste dans les dépôts de saturation, avec le traitement ordinaire, on arrive à 35 kil. de jus perdu par 1,000 kil. de betterave, c'est-à-dire à $3^k,50$ de sucre par 1,000 kil. de matière première. Cette perte conduirait à 350 kil. de sucre pour une fabrication de 100,000 kil. et non plus à 175 kil. comme il résultait d'une appréciation au minimum (p. 554). On perd, dans les écumes pressées, une moyenne de $2^k,625$ de sucre par 1,000 kil. de racines et, bien que ce chiffre ne paraisse pas énorme au premier abord, il n'en est pas moins vrai qu'il faut en tenir compte dans la fabrication. Sur 10 kil. de sucre contenus dans 100 kil. de racines, lorsqu'on en laisse $1^k,700$ dans les pulpes, 262 grammes dans les écumes et les dépôts, autant dans le noir, on arrive à une perte sèche d'un cinquième. Comme, sur les 8 kil. de sucre restants, une proportion plus ou moins grande est transformée pendant le travail ou immobilisée par les sels, il n'y a rien de bien étrange dans le rendement moyen de 5,25 à 5,50 0/0, qui est le rendement vrai de la plupart des fabriques, malgré des allégations prétentieuses, lorsque l'on traite des racines à 10 0/0 de richesse. Nous savons que, par un meilleur épuisement des pulpes, on peut parvenir à diminuer la perte, qu'une purification plus rationnelle conduit à un chiffre moindre de mélasse; mais

nous raisonnons sur ce qui se fait dans la plupart des usines, et nous disons qu'il serait nécessaire de diminuer, par tous les moyens pratiques, les pertes en jus qui sont constatées dans différentes phases de la fabrication.

On a essayé plusieurs modes de traitement pour épuiser les tourteaux d'écumes. Nous en avons dit un mot. A côté du lavage des tourteaux, de la seconde pression qu'on leur fait subir quelquefois, nous trouvons que Stammer a conseillé de les diviser, de les faire sécher et de les épuiser par l'eau à l'aide de la macération. On nous permettra de trouver que cette méthode est peu pratique et trop coûteuse pour le rendement qu'elle doit procurer. Nous comprendrions facilement une imbibition des tourteaux verts, sortant du filtre-presse; nous admettrions volontiers que ces matières, délayées dans de l'eau et ramenées à l'état de semi-fluides, fussent soumises à une seconde pression. Le liquide qui en proviendrait pourrait rentrer dans la fabrication et servir, par exemple, dans le dégraissage des noirs; mais il nous est impossible de voir un travail économique dans la dessiccation des tourteaux avant la macération. Tous les fabricants partageront certainement cet avis, s'ils mettent en regard les frais de main-d'œuvre, de combustible et d'outillage nécessités par cette opération et les résultats qu'elle procure.

On comprendra également que nous n'attachions aucune importance à un prétendu lavage à la vapeur que l'on effectuerait sur les tourteaux entiers contenus dans les châssis du filtre-presse. On sent que cette manœuvre ne peut conduire à rien d'utile, par la raison que les tourteaux sont peu pénétrables et s'imbibent difficilement lorsqu'ils ne sont pas divisés. Le mieux à faire consisterait à diviser les tourteaux et à les imbiber d'eau pour les presser une seconde fois, ainsi qu'il vient d'être dit; cette manœuvre serait la moins coûteuse de toutes, puisqu'elle ne conduirait à aucune augmentation de frais, par suite de l'emploi des liquides au dégraissage des filtres à noir, dans lesquels on ne ferait agir l'eau ordinaire que pour terminer le travail.

Mélasse. — Le sirop d'égout des troisièmes jets se vend à la distillerie sous le nom de mélasse. A notre sens, il existe à ce sujet, dans la pratique, une lacune regrettable. Nous pensons

que les fabriques de sucre devraient procéder à la transformation de leurs mélasses en alcool, et que cette opération devrait être faite dans un local isolé de la sucrerie. La règle essentielle d'une bonne économie industrielle consiste à faire rendre à une matière première tout ce qu'elle peut produire, et à lui faire subir toutes les modifications destinées à la changer en produits commerciaux, au maximum de valeur. Il nous paraît donc rationnel de ne pas faire faire, par une industrie annexe, des bénéfices que l'on peut réaliser par soi-même.

L'annexion d'une distillerie de mélasse à la sucrerie aurait encore pour résultat de diminuer l'encombrement et de permettre la réduction du matériel. Les citernes à mélasse deviendraient inutiles, et ce bas produit pourrait être envoyé à la distillerie à mesure de la production.

Nous aurons occasion de revenir sur ce point, auquel nous attachons une certaine importance.

Noirs épuisés. — Les noirs épuisés de la fabrication sucrière consistent principalement dans les particules qui se détachent des grains dans le lavage et les opérations de la revivification. Ces matières, dûment épuisées du sucre par l'action de l'eau, sont pressées et destinées à la fabrication des engrais. La valeur que les noirs épuisés présentent pour l'agriculture sera l'objet d'un examen attentif à la suite de l'étude du raffinage, dont la pratique fournit à la culture une quantité considérable de ces résidus, provenant de l'emploi du noir fin à la clarification.

Il nous suffit, dès à présent, de mentionner l'usage que l'on peut faire de ces résidus, dont la fabrication produit une certaine quantité relative qu'il importe de ne pas négliger comme on le fait trop souvent.

Les détails qui ont été exposés, dans le présent chapitre et dans le précédent, comprennent toutes les notions essentielles à la fabrication sucrière, et il nous a semblé utile et plus conforme aux règles de la saine technologie de ne pas sortir d'un ordre logique prévu, et de renvoyer à une étude spéciale l'étude des procédés particuliers. Lorsque la marche normale d'une industrie est bien connue, il devient plus facile d'apprécier les exceptions et les combinaisons individuelles qui dévient de la méthode habituelle ou de la pratique courante.

C'est par cette idée fondamentale que nous avons été conduit à repousser toute description anticipée des méthodes les plus vantées, afin de conserver à notre travail la clarté indispensable qui fait un des principaux mérites des ouvrages techniques et leur donne le plus haut degré d'utilité auquel un écrivain spécialiste puisse prétendre.

CHAPITRE III.

Description et étude de quelques procédés particuliers.

A Dieu ne plaise que nous songions à décrire, dans ce chapitre, tous les procédés et toutes les méthodes que l'on doit à l'imagination des inventeurs, relativement à la fabrication du sucre de betterave; il y aurait matière à de nombreux volumes, rien qu'à vouloir analyser les prétentions, les discussions, les répétitions brevetées et autres. Ce serait gaspiller du temps en pure perte que de s'occuper de cela. Nous ne pensons pas qu'une telle étude puisse être d'un secours ou d'une utilité quelconque pour la sucrerie, si ce n'est à titre de document à consulter. Sous ce rapport, un travail intéressant consisterait à donner au public de la sucrerie l'analyse succincte et raisonnée de tous les brevets qui ont eu le sucre pour objet, ou qui se rattachent à la sucrerie par quelque côté important. Peut-être aborderons-nous cette tâche, plus ingrate qu'on ne le pense, lorsque nous pourrons en avoir le loisir, et si les infirmités de l'âge ne viennent pas mettre obstacle à nos projets, ou si quelque travailleur plus actif ne nous devance pas dans cette voie.

Nous n'avons pas en vue, dans ce chapitre, un semblable travail, qui n'aurait aucune raison d'être et serait ici de la plus complète inutilité. Notre but est plus simple. Un certain nombre de procédés ont été vantés en sucrerie; plusieurs sont encore pratiqués avec plus ou moins d'engouement; d'autres ont été rejetés et négligés qui peuvent présenter un mérite réel. Il importe d'examiner rapidement toutes ces méthodes, d'en rechercher l'origine au besoin, d'en constater la valeur ou la nullité,

de distinguer entre ce qui est invention et ce qui est plagiat; en un mot, il est nécessaire de présenter à la fabrication les faits relatifs à toutes ces inventions, réelles ou apparentes. Le point capital en sucrerie est de connaître. On choisit ensuite, librement et sans contrainte. Si l'on est trompé, on ne peut, du moins, s'en prendre qu'à soi-même ou aux circonstances.

I. — PROCÉDÉS RELATIFS A LA DIVISION DES RACINES.

La division des racines saccharifères, malgré toute l'importance qu'elle présente en sucrerie, n'a pas été l'objet d'efforts particuliers de la part des inventeurs sérieux, et les chasseurs de brevets eux-mêmes, qui ne négligent guère d'occasion de tout prendre, semblent avoir négligé ce côté de la pratique industrielle.

Nous avons indiqué quelques bonnes râpes; on en a imaginé un certain nombre qui ne sont que des reproductions des modèles primitifs, et sur lesquelles il n'y a rien à dire. Il a été parlé de la râpe Champonnois qui est l'amélioration la plus remarquable en ce genre, sous la réserve que l'inventeur parvienne à la corriger de ses quelques défauts. Nous verrons plus loin quelles sont les particularités du coupe-racines de Robert, en sorte que nous n'avons rien à signaler d'important dans ce groupe d'instruments, relativement à cette opération préliminaire qui prépare les autres travaux de la sucrerie. Il est certain qu'un instrument de division, qui procurerait la désagrégation et la rupture des cellules végétales, serait très-utile à la sucrerie, mais un tel engin ne serait-il pas suivi d'autres inconvénients? Ne reproche-t-on pas à la râpe Champonnois de fournir des jus plus impurs que les autres râpes? Il est probable qu'un temps viendra où l'industrie sucrière se portera enfin vers les procédés de macération qui, seuls, peuvent assurer le succès et que, alors, les instruments de division ne présenteront plus qu'une valeur très-relative.

II. — PROCÉDÉS RELATIFS A L'EXTRACTION DU JUS.

Quoique les procédés de ce groupe soient assez peu nombreux, il est nécessaire d'établir un peu d'ordre dans l'examen que nous avons à en faire, et il paraît convenable de les rapporter

aux méthodes générales dont ils dérivent. Nous pourrons ainsi étudier les *procédés* d'extraction du jus *par pression*, les *procédés par macération* et les *procédés mixtes*, qui ont pour but l'épuisement des pulpes pressées. Dans les procédés relatifs à l'extraction du jus, l'esprit des inventeurs ne sort guère de la pression ou de la macération, qui représentent, en effet, les deux méthodes capitales applicables à cet objet. La lévigation rentre dans la macération; le turbinage des pulpes, localisé en Allemagne, n'a de valeur que parce qu'on y joint la lévigation et, en somme, le cercle dans lequel se meuvent les chercheurs est assez étroit et il semble difficile d'admettre qu'on en franchisse les limites.

Procédés par pression. — On peut se borner ici à la description de l'appareil et du procédé Robert, à quelques indications sur le système Lair, sur la presse continue Poizot et Druelle et sur la presse Champonnois. Les autres procédés signalés ne semblent pas présenter une importance suffisante pour qu'on les mentionne et nous devons nous borner aux procédés et aux instruments dont le fabricant doit avoir, au moins, une connaissance superficielle.

A. *Procédé Robert.* — M. Robert, fabricant de sucre à Rocourt, a imaginé d'ajouter la chaux à la pulpe même, avant de la presser dans un appareil particulier[1].

Nous décrivons le procédé de cet inventeur, tant à cause du bruit qu'il a produit en 1867, que parce qu'il convient d'en analyser les conditions, afin de rechercher les causes d'erreur qu'il présente.

M. Robert avait annoncé des merveilles. Il retirait 93 0/0 de jus, économisait près de 15 francs par 100 kil. de sucre, etc. Il est vrai qu'il retirait la pulpe à l'étable et qu'il la donnait à peine à la fosse à compost...

La pulpe, produite par la râpe, était mélangée avec 7 millièmes de chaux pesée vive, et réduite en lait à 20° B. Le mé-

1. M. Robert, connu plus généralement sous l'appellation de Robert (de Massy), ne doit pas moins être regardé comme un de nos fabricants les plus instruits, malgré le peu de valeur du procédé dont il s'agit, et l'échec de ce procédé n'ôte rien au mérite personnel de l'auteur, dont les connaissances en chimie industrielle ne sont nullement mises en question dans cette étude.

lange se faisant dans une chaudière, on en élevait la température vers + 50° ou + 60°, par un barbotage, puis on faisait passer le tout vers un appareil extracteur de l'invention de M. Robert.

Cet appareil est assez complexe, et la figure 133 ci-dessous en donne l'idée d'après une publication industrielle [1].

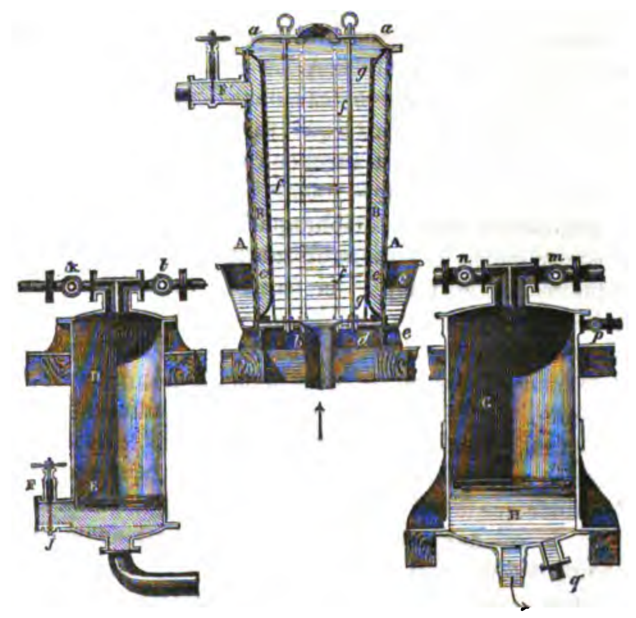


Fig. 133.

Pour bien en saisir le mécanisme, il convient de considérer le vase conique supérieur AB, AB, comme une façon de presse hydraulique, le vase D, comme un monte-jus transmettant la pulpe à AB, et le vase G, comme une pompe de pression.

AB se compose de deux cônes concentriques : l'un, extérieur, en tôle résistante, perforée, forme l'enveloppe extérieure. Cette enveloppe est garnie, en dedans, d'une toile métallique et d'une étoffe filtrante. Un second cône, concentrique au précédent, et formé également d'une tôle perforée, est enveloppé à l'extérieur d'une chemise en caoutchouc vulcanisé, à laquelle il sert d'appui. Cette chemise se replie en haut et en bas entre le collet du

1. *Collection Roret.*

cône extérieur et celui du couvercle *aa*, ou du fond *bb*, et il est maintenu par ces collets qui sont fixés par des pièces résistantes.

Si l'on fait arriver un semi-fluide par le conduit latéral F et qu'on ferme ensuite la vanne de F, lorsque l'espace annulaire, entre A et B, est rempli, il suffira d'introduire de l'eau dans la capacité intérieure de l'instrument, pour que la chemise en caoutchouc comprime le semi-fluide contre A et que la filtration s'opère à travers les parois de A. La pression sera proportionnelle à la force qui chassera l'eau dans l'intérieur.

D est un monte-jus, dans lequel se trouve un diaphragme E, qui est une sorte de piston garni de cuir. Si l'on fait arriver du semi-fluide par le tube F, le robinet *t* étant ouvert, on conçoit que la matière soulève ce diaphragme et que l'appareil D s'emplisse de pulpe ou de toute autre substance pâteuse introduite. Lorsque ce vase est rempli, on ferme la vanne d'introduction du tube F, on ferme *t* et l'on ouvre le robinet de vapeur K, en même temps que la vanne du tube F sur AB. La vapeur, agissant de haut en bas sur le diaphragme E, fait passer le semi-fluide dans l'appareil AB et remplit l'espace annulaire. On ferme alors la vanne d'introduction et le robinet de vapeur K.

G est un vase qui peut contenir une quantité d'eau un peu plus grande que le volume du cône AB. Cette eau arrive par le tube *q*, le robinet *n* étant ouvert. Le diaphragme de ce vase, semblable à celui de D, se relève et la capacité s'emplit d'eau. On ferme l'arrivée de l'eau et le robinet *n*. Si l'on ouvre le robinet de vapeur *m*, on comprend que cette vapeur comprime le diaphragme et pousse l'eau dans la capacité intérieure de AB. L'eau, étant incompressible, agit sur le caoutchouc de B avec toute la tension de la vapeur; le semi-fluide est fortement pressé contre les parois filtrantes de A. Le liquide s'écoule en *cc*. Lorsque la pression est terminée, on desserre les pinces qui retiennent le couvercle, et on l'enlève en même temps que le cône intérieur B. La matière pressée tombe par le fond.

Ainsi, la manœuvre de cet instrument s'exécute comme il suit : 1° On ajuste le cône B et l'on assujettit le couvercle *aa*; 2° on ouvre le robinet *t* sur D, pour donner l'air ou la vapeur, et l'on remplit D de pulpe, puis on ferme l'arrivée de la pulpe en F et le robinet *t*; 3° on ouvre le robinet *n* sur G, pour donner issue à l'air ou à la vapeur, et l'on fait arriver l'eau par *q*;

4° pendant ce temps de l'opération, on ouvre la vanne de F sur AB, on ouvre le robinet de vapeur *k* sur D, et l'on envoie la pulpe dans l'espace annulaire de AB, puis on ferme *k* et la vanne d'arrivée de la pulpe sur AB; 5° on ferme *q* et *n* sur A, et l'on ouvre le robinet à vapeur *m*, qui fait passer l'eau en AB et opère la pression; 6° lorsque la pression est finie, on ferme *m* et l'on ouvre *n*; la pression ne se faisant plus, l'eau de AB retourne en G, sollicitée par son poids; 7° on retire le cône B et l'on fait sortir le résidu.

Ce qui précède suffit pour que le lecteur comprenne le jeu de cet engin. Il nous suffira d'ajouter que les expériences de Rocourt n'ont pas eu tout le succès annoncé par l'inventeur, et que le procédé Robert n'a pas été adopté par la pratique industrielle.

M. Robert voulait supprimer la défécation et le travail des écumes. Pour arriver à ce résultat, il chaulait les pulpes et les sacrifiait en tant que nourriture du bétail. Il prétendait que la pulpe était entièrement déféquée par 5 millièmes de chaux, et il ajoutait que les pulpes chaulées sont aussi bonnes pour les bestiaux que les pulpes non chaulées. Il regrettait que l'*expérience* eût donné une sanction à cette allégation; car, d'après lui, le cultivateur aurait employé les pulpes chaulées à l'état d'engrais, et ces pulpes contiennent trois fois plus de principes fertilisants, sous le même poids, que les autres. Reportant tout à la production des engrais, M. Robert dit que, en employant directement ses pulpes chaulées, on n'aurait pas la peine de les faire passer par le corps des animaux; il s'étend sur les frais de nourriture, de main-d'œuvre, de capital, et il manifeste la prétention de rendre un grand service à l'agriculture, à la sucrerie et à la distillerie...

Il y a des choses qui ne sont pas discutables, et l'on est quelquefois péniblement affecté à la vue des aberrations de certaines intelligences. M. Robert aura beau se débattre pour faire réussir par de mauvais raisonnements son procédé et sa machine, il ne peut échapper à ces questions :

« En admettant que l'animal ne restitue au sol, après avoir consommé les pulpes, qu'une quantité d'engrais égale en valeur à celle des pulpes chaulées employées directement, l'engraissement du bétail par les pulpes produit de la viande, c'est-à-dire de la nourriture pour l'homme. Ne semble-t-il donc

pas que le procédé le plus économique consiste à faire consommer la pulpe au bétail, à lui faire faire de la viande et de l'engrais tout à la fois?

« M. Robert pourra-t-il suppléer à la diminution de nourriture qu'il cherche à provoquer pour une satisfaction d'amour-propre?

« Et quand cet inventeur parle de la qualité des pulpes chaulées, pour la nourriture du bétail, il oublie que le bœuf ne sait pas se plaindre, et il est bien complaisant d'affirmer à la légère. Ne pas donner de nourriture acide aux animaux, d'une façon excessive et habituelle, est une règle reconnue par la pratique éclairée; mais doit-on en conclure qu'il faille leur *alcaliser* les intestins pour plaire à M. Robert? Qui donc ne sait pas que l'action dissolvante des caustiques sur les membranes animales est suivie d'effets désastreux, et pourquoi prêcher des doctrines aussi hasardées, lorsqu'on ne peut y avoir une confiance suffisante? Nous le répétons, pour M. Robert comme pour d'autres : à notre sens, et en raison de toutes les lois physiologiques connues, le chaulage des pulpes est une faute; au point de vue de l'alimentation humaine, nous regardons ces tentatives comme coupables.

En ce qui concerne le procédé en lui-même, nous admettons que le rendement de 93 0/0 serait fort beau et qu'il compenserait la perte des pulpes comme valeur-argent; mais nous nous permettrons de faire observer deux choses : 1° les procédés rationnels de la macération font aussi bien, souvent mieux, tout en conservant les pulpes; 2° l'échec de la machine, fort compliquée et peu industrielle de M. Robert, met à néant ses allégations.

Que la chemise en caoutchouc se rompe sous la pression, comme le fait s'est produit entre les mains de l'inventeur lui-même, et tout le travail est arrêté. On ne peut compter sur cette installation en pratique, et l'idée elle-même, bien que manufacturière et économique, est opposée à tous les principes de l'industrie agricole.

B. *Appareil Lair.* — La figure 134 représente l'appareil de pression proposé par M. Lair.

Cet instrument n'est, au fond, qu'une espèce de presse hydraulique, et le dessin en fait voir parfaitement les détails. Un

plateau perforé, faisant suite au piston, se meut dans l'intérieur du cylindre, sous l'action de l'eau, qui pénètre par un tube d'injection. La pulpe, placée sur le plateau, est pressée contre le couvercle, qui est fermé solidement et à joint étanche; le jus s'écoule à travers le plateau par un tube de sortie (à droite de la figure), et on peut faire passer un jet de vapeur



Fig. 134.

dans l'appareil. Lorsque la pression est terminée, on arrête l'injection, on soulève le couvercle, après avoir desserré la vis de pression, et l'on extrait le tourteau. En faisant retourner à la bâche l'eau d'injection, on fait redescendre le plateau; on referme le couvercle, après avoir introduit une nouvelle charge, et l'appareil fonctionne de nouveau.

On voit que cet instrument est très-simple de construction, et que la manœuvre ne présente aucune difficulté. Cependant, il ne paraît pas avoir laissé de traces dans l'industrie, malgré une valeur très-réelle et la possibilité d'en tirer un certain parti, si l'on en combinait l'emploi avec celui d'une méthode d'épuisement des pulpes. Le grand défaut qu'il présente consiste, en effet, dans la trop grande hauteur de la couche pressée. Il en

résulte qu'une partie du jus reste emprisonnée dans la matière et que le rendement n'est pas suffisant. Si notre mémoire ne nous fait pas défaut, le chiffre du produit en jus ne dépasserait guère 72 0/0 avec cet engin. D'un autre côté, la pression exige une certaine lenteur pour être bien faite; il faut laisser la matière en pression pendant quelques minutes, comme avec toutes les presses hydrauliques, et il semble que, sauf à augmenter la résistance du couvercle, il conviendrait de donner un diamètre plus grand et moins de course au plateau.

On pourrait répartir ainsi une charge plus considérable sur une plus grande surface, et avoir des tourteaux moins épais, en sorte que l'épuisement serait plus rapide et plus complet.

Tout bien considéré, cette machine est fort au-dessus de l'appareil Robert, et nous croyons utile d'appeler l'attention des fabricants sur les services qu'elle peut rendre en supprimant la manœuvre de la mise en sacs. Il y a là quelque chose à faire pour les partisans de la pression, pourvu qu'ils complètent l'action de la presse Lair par une manipulation des pulpes, destinée à en achever l'épuisement. Quand on songe à tout l'attirail des presses ordinaires, à la mise en sacs, à la formation des piles, etc., au nombre d'hommes employés à cette manœuvre, on ne peut pas s'empêcher de porter intérêt à tout moyen simple et intelligemment combiné, qui permettrait de diminuer les frais de main-d'œuvre et la fatigue du travail. L'appareil Lair mérite d'être plus sérieusement étudié qu'il ne l'a été à une certaine époque.

C. *Presse continue Poizot et Druelle.* — Nous ne pouvons donner une description détaillée de cette presse, que nous n'avons pas vue fonctionner. Cependant, comme plusieurs fabriques en ont fait l'application, il est utile d'en dire quelques mots. Cette presse est à cylindres. Des toiles de distribution, tendues et dirigées convenablement par des galets, reçoivent entre leurs surfaces la pulpe provenant d'une trémie d'alimentation, et elles entraînent la matière entre les cylindres, dont la pression est réglée à volonté.

On a constaté, par une seule opération, des rendements de 71 à 79 de jus 0/0 de pulpe, sans eau additionnelle. Par une seconde pression, ce rendement se serait élevé au delà de 85 0/0 et aurait même atteint 87 0/0... Deux presses, conduites par deux

hommes au plus par équipe, suffisent à un travail de 100,000 kilogrammes de racines, et elles procurent une économie de main-d'œuvre très-considérable, puisqu'elles permettent de supprimer tout le personnel des presses. D'autre part, elles travaillent fort bien, dit-on, avec des pulpes qui n'ont pas reçu d'eau à la râpe, ce qui paraît provenir du peu d'épaisseur de la couche en pression. L'économie de combustible résultant de ce fait n'est guère moindre de 25 0/0 de la dépense totale d'évaporation.

La dépense en toiles serait inférieure à celle que cause l'usure des sacs et des claies des presses hydrauliques, et il résulterait d'observations faites que, indépendamment d'une plus grande propreté dans les manipulations, les jus s'altèrent moins et sont plus faciles à travailler, en raison de la rapidité même de l'extraction... "

On conçoit qu'une appréciation ne puisse se faire dans des conditions de grande probabilité, lorsqu'il s'agit d'un instrument qu'on n'a pas vu fonctionner. Nous acceptons donc les affirmations faites en faveur de la presse Poizot et Druelle, et nous ne ferons qu'une seule observation, par laquelle nous ne cherchons pas le moins du monde à soulever une critique. Quelque parfaite que soit cette machine, en tant que presse continue, ce n'est toujours qu'une presse. Elle peut extraire une quantité notable de jus; mais, pas plus que la presse hydraulique, elle ne peut faire l'épuisement complet du *jus libre*. A plus forte raison en est-il de même du jus emprisonné dans les cellules non ouvertes. Il sera donc toujours indispensable, pour obtenir les 14 à 16 0/0 de jus restant dans la pulpe, de soumettre le tourteau à une division et à une opération secondaire.

Les inventeurs paraissent l'avoir bien compris, et la pratique d'une seconde pression, après trituration de la matière et addition d'un peu d'eau, leur a donné de bons résultats. Cette pratique confirme notre observation, qui est applicable à tous les résidus de pression, quel que soit l'instrument dont on se sert pour l'opération.

D. *Presse continue Champonnois.* — M. Champonnois a produit une bonne râpe et un coupe-racines avantageux sous le rapport de la puissance du travail. Il nous paraît avoir été également bien inspiré dans l'*exécution mécanique* de sa presse continue. Cette machine est représentée par la figure 135 ci-contre.

Deux rouleaux ou cylindres en bronze, à surface cannelée, inclinés à 45°, tournent en sens inverse dans une chambre métallique. Les liquides peuvent passer de l'extérieur à l'intérieur des cylindres. Ces rouleaux sont revêtus, à l'extérieur, par un fil de laiton triangulaire, de trois millimètres de côté, dont les tours en hélice sont écartés d'un dixième de millimètre. Ces cylindres étant placés dans une chambre demi-cylindrique de même diamètre que la somme de leur diamètre, et d'une lon-

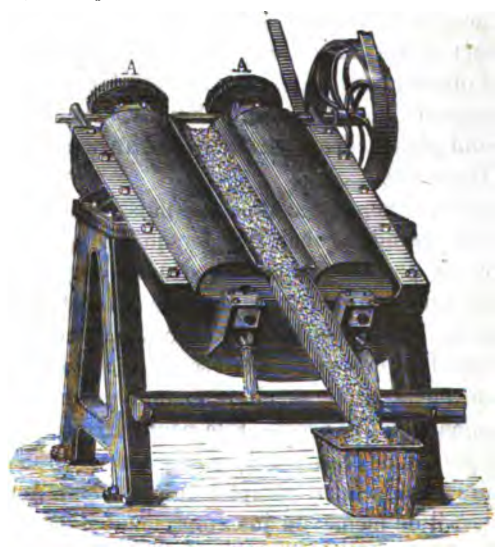


Fig. 185.

gueur égale à leur hauteur, il existe, entre les cylindres et le fond de la chambre, un espace triangulaire curviligne, dans lequel une pompe aspirante et foulante dirige la pulpe qu'elle puise dans le réservoir de la râpe. Cette pulpe est saisie et comprimée entre les cylindres. Le jus passe à travers l'enveloppe en fil de laiton et pénètre dans l'intérieur des cylindres par les ouvertures des cannelures, pour s'échapper ensuite par la partie déclive et s'écouler dans un caniveau. La pulpe sort, entre les cylindres, en une sorte de galette qui se brise facilement.

Il est clair que la presse Champonnois présente les mêmes avantages que les autres presses continues. En outre, elle n'exige pas de toiles.

Les jus obtenus par l'action de cette presse sont d'une ex-

trême impureté et ils tiennent en suspension une quantité très-considérable de débris végétaux et de pulpe fine. L'inventeur a cherché à obvier à cet inconvénient par l'addition d'un tamiseur à parois perméables en toile métallique. Les résidus de ce tamiseur retournent à la presse.

M. Champonnois fait ajouter aux jus impurs 1 0/0 de chaux à froid, dix millièmes ! Le but qu'il se propose d'atteindre est de faciliter la séparation des matières suspendues, qui est, en effet, assez difficile, quoi qu'on dise, avec les jus naturels. Il se fait une espèce de défécation, et les matières albuminoïdes coagulées, retournant dans la pulpe, seraient utilisées pour l'alimentation du bétail au lieu de passer dans les écumes. M. Champonnois *affirme* que la faible proportion de chaux qui reste dans la pulpe de tamisage ne présente aucune espèce d'inconvénient.

En prenant les chiffres donnés par l'inventeur pour résultats d'expérience, on trouve, dans une série de vérifications faites sur 400 kil. de racines, avec addition de 20 à 25 0/0 d'eau à la râpe :

	Pulpe de pression.	Pulpe du tamiseur.	Total.
1°	17,72 %	2,46 %	20,18 %
2°	17,50	2,29	19,79
	35,22	4,75	39,97
Moyennes. . .	17,61	2,375	19,985

D'après ces chiffres, que M. Champonnois ne peut contester, son instrument donne 80 de jus et 20 de pulpe. On chaule la pulpe de tamisage et, indirectement, la pulpe totale. La perte en jus est de 16 0/0, d'où il suit que l'emploi de la presse Champonnois mettrait la fabrication dans la même condition que celui des presses hydrauliques et qu'il faudrait encore recourir à quelque procédé d'épuisement des pulpes pour en compléter l'action.

Nous trouvons, tout d'abord, que la place de cette presse se trouve nettement indiquée dans les méthodes de macération, pour l'enlèvement du jus faible restant dans les pulpes. Elle pourrait rendre des services très-réels dans cette circonstance ; mais, comme on obtient les mêmes avantages d'une paire de cylindres lamineurs ordinaires, beaucoup moins coûteux d'achat et d'installation, il ne semble pas que, dans le cas dont nous parlons, il y ait avantage à s'en servir.

Au fond, et pour revenir au travail ordinaire, une presse pourrait agir sur 48,000 kil. de pulpe par jour, mais elle exige une pompe puissante, un tamiseur, toute une installation, pour ne donner que le résultat ordinaire des presses. Mais il faut plusieurs presses hydrauliques pour faire la pression de 48,000 k. de pulpe. Une autre économie, qui résulte de son emploi, est celle de la main-d'œuvre, ce qui lui est commun, d'ailleurs, avec toutes les presses continues.

Nous regardons cette machine comme avantageuse dans certaines circonstances données. Les pulpes mal épuisées, traitées par une *solution astringente*, pourraient être reprises par une presse-annexe, et le liquide employé à la râpe.

Nous ne pouvons admettre, cependant, l'addition de chaux à la pulpe. Il est étrange, en effet, que le même inventeur qui a *trouvé* que l'acide sulfurique ne nuit pas au bétail, lorsque les besoins de sa cause et l'intérêt de son affaire exigeaient l'emploi de cet acide, *trouve*, dans une autre circonstance, que la chaux et les alcalis, par conséquent, n'ont aucune influence pernicieuse sur la santé des animaux. Cette désinvolture d'opinions, cette élasticité de principes, bien que déterminées par un intérêt de négoce, ne peuvent s'expliquer que par une ignorance profonde des lois de la physiologie et des règles de l'hygiène vétérinaire. M. Champonnois aussi bien que M. Robert et d'autres encore, doit se féliciter de ce que les bœufs mugissent au lieu de parler, et il est vraiment profitable, pour certaines bizarreries, que le bétail souffre et meure sans se plaindre, au moins dans notre langage. Nous rappellerons seulement ici que si l'acide ne nuit pas aux animaux, l'alcali leur est pernicieux. La réciproque est vraie et M. Champonnois doit choisir. Pour tous ceux qui réfléchissent et qui savent, la nourriture acide et la nourriture alcaline sont nuisibles.

Observation. Il n'est pas nécessaire, pensons-nous, d'insister sur ce point que les presses continues ne peuvent fournir un bon rendement par une seule pression, et que le seul moyen d'extraire, par ces appareils, une proportion convenable de jus, consiste à désagréger le tourteau de la première pression. à l'imbiber d'eau et à le soumettre une seconde fois à l'action de la presse. Il y a là comme une sorte de combinaison de la macération avec la pression, dont l'effet est d'augmenter nota-

blement la proportion du jus. Mais il y a aussi, dans cette pratique, deux inconvénients à prévoir et à prévenir. La manipulation des pulpes, en se prolongeant, peut très-bien conduire à des altérations dont l'influence sur les opérations n'est pas contestable. On a conseillé l'emploi d'un peu de chaux dans l'eau additionnelle. Nous pensons qu'il est préférable, à tous égards, de se servir d'une infusion faible de tan, afin de s'opposer à la fermentation, de fixer les matières azotées et de rendre les substances pectiques insolubles.

D'autre part, l'augmentation de la quantité d'eau à vaporiser ne laisse pas d'être une cause notable de dépense. Pour y obvier, rien n'est plus facile que de se servir des jus faibles de seconde pression pour faire l'addition ordinaire d'eau à la râpe. De cette façon, tout en conservant les procédés usuels dans ce qu'ils ont d'essentiel, on peut arriver à la suppression des presses hydrauliques et à l'utilisation des presses continues sans augmenter notablement les frais de calorification. Nous ferons voir plus loin, d'ailleurs, dans l'examen des procédés mixtes, que l'on peut apporter à ces idées des modifications avantageuses, qui permettent d'extraire le jus des tourteaux mal épuisés, sans diminuer d'une manière sensible la densité des jus obtenus.

Procédés par macération. — Les anciennes pratiques proposées pour la macération sont les procédés qui ont pris naissance à la suite des observations de Mathieu de Dombasle.

Nous relèverons ici une prétention germanique. Walkhoff voudrait bien faire honneur de la découverte de la macération à l'Allemagne et, à tout hasard, il la fait remonter à Margraff, d'après Knapp. Mais on doit reconnaître, à sa louange, que la vérité l'emporte, et qu'il ne tarde pas à rendre à notre illustre Mathieu de Dombasle ce qui lui appartient à tant de titres. Stammer n'a pas de ces délicatesses. L'amour de la sucrerie domine Walkhoff, qui oublie souvent d'être Allemand pour n'être que fabricant ; son copiste n'est pas si faible, et il reste toujours Allemand, sans être manufacturier. Aussi n'y a-t-il pour lui que Schützenbach, auquel il donne toute priorité, ne jetant qu'un mot dédaigneux, en passant, sur le champion le plus sérieux, le plus convaincu et le plus dévoué de la macération. Nous disons *le plus dévoué* à dessein. Schützenbach était un

inventeur, cherchant à *placer* son système, dont on nous a fatigués pendant des années. M. Robert, l'admiration de Stammer, est fort loin de donner ce qu'il regarde comme son procédé. Walkhoff s'est parfaitement mis sous la protection légale pour ses appareils et ses procédés. Tout le monde en fait autant, et nous sommes loin de blâmer l'homme qui *vend;* mais nous admirons l'homme qui *donne.* Or Mathieu de Dombasle a toujours *donné;* les Allemands le savent, puisque tout ce qu'ils ont fait en macération n'est que de l'emprunt, et il nous semble trop juste de rappeler à la vérité ceux qui paraissent avoir tant d'intérêt à s'en écarter.

Mathieu de Dombasle a créé la macération en sucrerie. Tous ceux qui sont venus ensuite ont pris ses idées, ont constitué des appareils, ont créé des modifications, des différences; mais c'est tout, et nous protestons contre cet envahissement.

La macération consiste à mettre un liquide dissolvant en contact avec les matières sacchariféres plus ou moins divisées, soit à l'état de *grosses cossettes* ou sous la forme de pulpe (*petites cossettes*), jusqu'à ce qu'il se produise un équilibre de densité entre le liquide macérateur et les solutions renfermées dans les cellules. Les faits ont été exposés plus haut (p. 101 et suiv.), et l'on sait aujourd'hui quelles sont les règles qui président à cet ordre de phénomènes. On sait qu'un liquide chaud agit plus rapidement qu'un liquide froid, qu'une plus grande quantité de liquide répond à une plus grande atténuation et à un épuisement plus complet; enfin, on connaît les conditions moyennant lesquelles on peut épuiser les matières macérées sans abaisser la densité du jus obtenu. Lorsque l'on soumet des betteraves divisées à l'action de l'eau, par exemple, il suffit d'employer une quantité d'eau égale à celle qui se trouve dans les tissus, pour que, à chaque opération successive, la matière cède la moitié de ses principes solubles. On peut donc prévoir le moment précis auquel le résidu ne renfermera plus que des quantités insignifiantes de ces matières. De même, le liquide macérateur, agissant à chaque opération sur de nouvelles matières neuves, et sa densité s'augmentant à chaque équilibration réelle, il arrive un moment où cette densité est à peu près égale à celle du jus naturel, et où le liquide macérateur ne peut plus rien gagner, si la richesse de la substance macérée ne change pas. Cent parties de betteraves, renfermant 10 de

matières solubles et 86 d'eau, par exemple, ne renfermeront plus que des liquides à *zéro*, si on les traite dix fois de suite par 86 parties d'eau. Le liquide, en passant dix fois sur de la matière neuve, acquiert la même richesse que le jus normal.

En pratique, il n'est pas nécessaire de faire des opérations aussi nombreuses. Lorsqu'on agit par passages successifs, sept passages suffisent pour que l'équilibre de la solution et de l'épuisement soit atteint à 15 dix-millièmes près.

En général, il est plus avantageux de procéder d'une manière continue et de déterminer les mêmes effets en faisant avancer la matière vers le liquide macérateur pauvre, et celui-ci vers la matière neuve, pourvu que le temps de l'action soit convenablement calculé, que les fragments de matière ne soient ni trop volumineux ni trop résistants à la pénétration des liquides.

Faisons observer que les spécialistes allemands ont commis une erreur de chiffres assez grave au sujet de la macération. Walkhoff suppose que 100 kilogrammes de tranches de betteraves, à 12 0/0 de richesse, tenant 96 0/0 de jus, sont traités par 96 kilogrammes d'eau, et qu'on obtient, par la suite du travail, 192 kilogrammes de jus à 6 0/0. Stammer, sans citer son compatriote, répète les mêmes données... Le fait est inexact. 100 kilogrammes de tranches à 12 0/0 renferment, sur 96 de jus, 84 d'eau et 12 de matière soluble ; ce n'est pas 96 d'eau qu'il faut ajouter par la macération, mais bien 84, et l'on obtient, en fin de compte, 96 (= 84 + 12) + 84 = 180 de jus à 6 0/0. En employant 96 d'eau de macération, le produit ne peut arriver qu'à 5,60 0/0.

Disons encore que les observations des Allemands sur la macération ne nous paraissent pas présenter un caractère suffisant d'exactitude, et que cette opération, bien que pratiquée dans les usines allemandes, ne leur rend pas tout ce qu'elle doit donner. En voici une preuve concluante :

Walkhoff relève des nombres relatifs au résultat de la macération dans trois fabriques, à Stassfurth, Halle et Waghaüsel; nous n'en reproduisons que quelques données indispensables à notre conclusion.

A Halle, avec des betteraves dont le jus normal accusait 13,8 0/0, d'après l'échelle de Balling, par l'action de 9 cuves, le jus obtenu ne marquait que 10,42 0/0.

A Stassfurth, avec des betteraves dont le jus normal indiquait 15,4 0/0 et par dix cuves, on a obtenu du jus à 12 0/0.

Enfin, à Waghaüsel, avec des racines dont le jus marquait 12,23 0/0 et par 13 cuves, on n'aurait obtenu que du jus à 7,72 0/0.

L'auteur allemand, en face de ces divergences, croit devoir attribuer ces écarts au procédé même de la macération, les usines citées étant *bien dirigées et munies d'un bon outillage.* Nous ne partageons pas cette opinion, et nous répondons par des faits d'observation.

Des cossettes de betterave, dont le jus normal était à 7° B, traitées par 850 parties d'eau chaude, renfermant le tannin de 3 millièmes d'écorce de chêne, nous ont fourni, au septième vase, pour mille kilogrammes, 850 litres de jus d'épuisement, ne marquant plus rien à l'aréomètre et ne contenant plus que 0,017 de sucre. Comme il faut admettre que les pulpes retenaient environ autant de liquide, la perte en sucre, en supposant que les pulpes ne seraient pas pressées, se réduirait à 14k,450 pour 1 000 kilogrammes de racines. D'un autre côté, le liquide enrichi a fourni 961 kilogrammes à 7° B, faible, contenant 10,5 de sucre 0/0 et 0,64 de matières étrangères.

Le travail, dans un lévigateur analogue à celui de Pelletan, a donné des résultats meilleurs encore et un épuisement plus complet, parce que les résidus pressés abandonnaient une partie de leur liquide, lequel rentrait dans la masse et était employé comme agent de macération.

Nous ne pouvons donc regarder les chiffres cités plus haut, et ceux de Waghaüsel en particulier, comme des résultats d'un travail sérieux.

Nous trouvons encore, dans l'ouvrage de Walkhoff (p. 260), une sorte de rapprochement dont la conclusion nous paraît au moins étrange après ce que nous venons de faire remarquer. D'après Grouven, des résidus de macération de Waghaüsel, à 79,6 0/0 d'eau, renfermaient 0,078 de potasse et 0,064 de soude, tandis que des tourteaux de pression, de Salzmünde, à 75,4 0/0 d'eau, contenaient 0,214 de potasse et 0,058 de soude. Ainsi, conclut le spécialiste allemand, les résidus de betteraves provenant de la macération retiennent une moindre quantité des sels les plus actifs et les plus nuisibles, d'où il suit qu'il en existe plus dans les jus que par le travail des presses.

Nous n'admettons pas cette conséquence comme démontrée, en présence de la triste besogne exécutée à Waghaüsel. Ce n'est pas à la suite d'une macération, par 13 cuves, laquelle n'a fourni que 7,72 sur **12,23**, que l'on peut déduire une conclusion tant soit peu logique et rigoureuse. Lorsque l'on apportera des chiffres sérieux, après une véritable macération qui n'aura pas été exagérée dans la durée du travail, il y aura peut-être lieu de prêter attention aux conséquences déduites; mais, d'ici là, il est permis de ne pas trouver l'exemple bien choisi, et de repousser toute allégation basée sur un travail aussi mal exécuté.

D'un autre côté, il semblerait que la soude a moins de propension que la potasse à passer dans les jus...

Nous ferons observer que, dans un travail de macération bien fait, ne durant pas plus de quatre heures *au maximum*; l'augmentation relative des sels dans le jus est proportionnelle à l'augmentation de la richesse sucrière, et nous ne voyons pas en quoi cette circonstance peut éveiller des suceptibilités aussi ombrageuses. Au demeurant, Walkhoff n'affirme rien; il ne se hasarde pas sur un terrain aussi glissant, et se contente d'une insinuation qu'il déclare n'être qu'une hypothèse. S'il n'en était pas ainsi, on pourrait lui retourner son propre argument, puisque son procédé mixte, employant la macération, encourrait le même reproche.

On a fait une objection contre l'idée de Dombasle, en faisant observer qu'il obtenait du rendement comme quantité, mais que la qualité n'était pas satisfaisante. On a attribué ces mécomptes à une macération prolongée, à l'action de l'eau chaude que l'on a accusée de former de la pectine... Il n'y a qu'une réponse à faire à cela. Mathieu de Dombasle, avec une bonne foi scrupuleuse, faisait part au public de ses succès et de ses insuccès. Il apprenait à qui voulait l'entendre, que, par un contact de quatre heures, il obtenait des produits abondants et très-beaux; qu'il avait encore de bons résultats après huit heures; mais que, après seize heures, les jus étaient colorés et la cuite devenait difficile. Nous ne voyons pas en quoi cette franchise de l'expérimentateur peut donner lieu à une accusation contre sa méthode. Puisqu'il obtenait de bons résultats en tant d'heures et par telle marche, faites de même. Vous savez qu'en prolongeant le travail vous ferez moins beau et que

vous aurez une cuite difficile, ne vous exposez pas à l'écueil qui vous a été signalé!... En ce qui concerne l'action de l'eau chaude, critiquée encore par certains qui jouent sur les mots, comme le fait Walkhoff, en appelant *digestion* la macération de Dombasle, nous ferons observer que la pectose ne se change jamais en pectine dans la macération, lorsqu'on a pris les précautions indiquées par la chimie, que l'emploi d'un principe tannant quelconque empêche complétement cette réaction; enfin, qu'il serait temps de ne plus agiter de semblables épouvantails dont on ne songe plus à s'effrayer.

Dans tous les cas, le système de Mathieu de Dombasle était tel que nous verrons dans un instant l'Allemand Schützenbach le lui emprunter en entier... Il divisait les racines en cossettes d'un demi-centimètre d'épaisseur, les traitait par l'eau bouillante dans une cuve, jusqu'à épuisement, traitait de nouvelles matières par ce liquide déjà enrichi, et continuait ainsi jusqu'à ce que le liquide fût parvenu à une richesse suffisante. En d'autres termes, il accomplissait le principe fondamental de la macération pratique, qui consiste à faire progresser le liquide vers des matières de plus en plus riches, et les matières vers des liquides de plus en plus pauvres... Il n'était pas arrivé à régler les conditions rigoureuses de l'application de la chaleur à la macération, il est vrai, mais il avait établi victorieusement que la *macération des cossettes* exige le concours d'une certaine température pour se produire dans un minimum de temps, ce qui a été *emprunté* par tous ceux qui se sont occupés de la macération, depuis cette époque, et ce que personne ne conteste aujourd'hui. Nous serions vraiment fort curieux de savoir en quoi ses imitateurs l'ont surpassé, lorsque tout nous démontre qu'ils sont restés de beaucoup au-dessous de lui, dans tout ce qu'ils ont voulu créer par eux-mêmes... C'est Mathieu de Dombasle qui a eu la première idée de la macération des cossettes, qui l'a mise en pratique et qui a consacré tous ses efforts à en faire adopter l'application, depuis 1821 jusqu'à sa mort.

Les expériences de M. Dutrochet sur l'osmose datent de 1826. Elles ont précédé celles de Graham.

C'est à un autre Français que l'on doit l'idée d'appliquer la *macération à froid* aux pulpes produites par la râpe, et il n'est pas inutile de rappeler ici, pour ceux qui s'obstinent à l'igno-

rer, que le lévigateur de Pelletan[1] a été le premier engin construit pour pratiquer cette opération rationnelle. Cet instrument, fort apprécié à l'époque de son apparition, a été décrit sommairement (p. 453), et il aurait mérité de rester dans l'industrie.

Nous concluons de ce qui précède que si les Allemands ont mis en pratique la macération des cossettes et celle des pulpes, c'est en France qu'il faut chercher les véritables inventeurs de ces deux procédés, et Schützenbach n'a rien à prétendre à ce sujet.

L'appareil de l'Allemand Reichenbach, cité par Walkhoff, n'était autre chose qu'une modification du lévigateur de Pelletan, modification qui consistait surtout à faire chauffer les matières macérées pendant le travail même et qui avait bien sa valeur.

Nous avons parlé du macérateur de Hallette et Boucherie (p. 459); il est facile de se convaincre que l'idée de cette machine, restée, d'ailleurs, sans application, avait été trouvée dans le lévigateur; dont il n'est qu'un redressement dans le plan vertical.

L'appareil Martin et Champonnois était un siphon macérateur dans lequel une chaîne sans fin faisait mouvoir des palettes qui entraînaient les cossettes à la rencontre de l'eau de macération. Nous verrons que l'un des appareils de Walkhoff, pour son traitement des pulpes, est la reproduction de cet instrument.

Les cuviers macérateurs de M. de Beaujeu, disposés en gradins et déversant leur liquide de l'un dans l'autre sont le point de départ des cuviers de Schiskoff et des tables de macération de M. Kessler. Enfin, le filtre-presse de Réal a inspiré les expériences de M. Baudrimont; l'appareil de M. Moreau-Darluc en est une copie, et le vase macérateur de Walkhoff n'en diffère que par des dispositions de tuyauterie...

Maintenant que nous avons cherché à rétablir la vérité sur plusieurs points déjà contestés, et que le lecteur sait à quoi s'en

1. Le docteur Pierre Pelletan (1782-1846), fils du célèbre chirurgien qui succéda à Desault à l'Hôtel-Dieu de Paris, fut professeur de physique médicale à la Faculté de Paris. Il a laissé un *Traité de physique générale et médicale*, et un *Dictionnaire de chimie*, et il fut un des hommes les plus instruits du commencement de ce siècle. Schützenbach n'avait qu'à gagner à lui emprunter ses idées.

tenir sur les allégations des Allemands à propos de Schützenbach et de ses créations, nous décrivons les deux procédés de cet *inventeur* avant de passer à l'étude de la *diffusion*, dont le nom seul est une des plus lourdes plaisanteries qu'on se soit permises depuis la création de la sucrerie indigène.

Méthode de Schützenbach. Traitement des pulpes. — Après avoir tenté, sans succès, l'imitation du procédé de Mathieu de Dombasle sur les cossettes fraîches de betteraves, ce qui tenait, sans doute, à des observations incomplètes, Schützenbach se tourna vers la macération des pulpes, c'est-à-dire vers l'idée de Pelletan. C'est à l'observateur français qu'appartient l'emploi de l'eau froide pour l'extraction du jus des pulpes, bien que l'on cherche, outre-Rhin, à faire attribuer cette marche à Schützenbach. Avec l'entêtement qui caractérise ses compatriotes et dont il était abondamment pourvu, l'*inventeur allemand* s'était proposé pour *objectif* l'emploi de l'eau froide comme liquide macérateur. Non-seulement cette idée n'était pas de lui, mais elle était de toute fausseté pratique, lorsqu'on songeait à l'appliquer aux cossettes, pour lesquelles Mathieu de Dombasle avait indiqué le principe vrai, tout en l'exagérant, et il n'était pas possible de réussir dans la macération des tranches de betteraves crues avec l'eau froide. Ces tranches doivent éprouver une sorte de demi-cuisson pour devenir pénétrables par le liquide extracteur et elles requièrent l'emploi de l'eau chaude, vers + 90°. Ayant pris l'*eau froide* pour point de départ, sans trop savoir pourquoi, Schützenbach ne paraît pas avoir songé à rechercher les conditions dans lesquelles l'eau chaude peut donner des résultats infaillibles, et il s'est borné à déclarer qu'on ne peut réussir avec les cossettes. Incapable d'invention réelle, il abandonnait l'idée de Dombasle et se rejetait sur celle de Pelletan et de plusieurs autres observateurs français. Mais, selon l'usage, il se constituait un outillage. Le but était là tout entier. Il ne lui en coûta pas beaucoup de peine ni de soin pour l'atteindre, et la cuve des brasseurs fit les frais de son système.

L'ensemble de l'appareil de Schützenbach est disposé en gradins, comme l'indique la figure 136, et rappelle l'agencement des cuves de M. de Beaujeu. Un tube à eau règne au-dessus des cuves qui sont au nombre de 12, et échelonnées en

gradation descendante par différence de 12 à 15 centimètres. Un réservoir supérieur peut verser les jus dans la cuve la plus

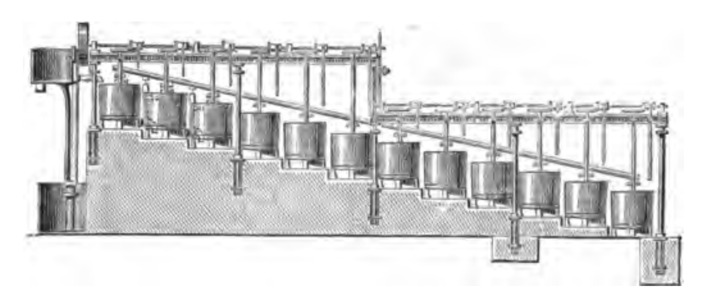


Fig. 136.

élevée ou les envoyer à la défécation. Les cuves communiquent ensemble, de façon à faire couler les liquides de la partie la plus élevée vers le bas de l'appareil. De là ils peuvent rétrograder dans un récipient d'où une pompe les renvoie au réservoir. Enfin, les jus assez concentrés sont dirigés vers la défécation. On rejette l'eau qui a passé sur les pulpes épuisées.

Nous ne comprenons pas bien comment on peut prétendre faire exécuter à cet ensemble une macération rationnelle. On ne saurait accomplir le principe fondamental de l'opération que de deux manières, ou bien en agissant comme dans l'appareil de Delimal, et en transportant la pulpe dans des liquides de plus en plus faibles, ou bien en faisant circuler le liquide au-devant de la pulpe riche, celle-ci allant à l'encontre des liquides faibles. Or, si l'outillage donne la fixité à la pulpe, on est obligé de faire mouvoir le liquide dans des conditions qui ne permettent pas toujours une régularité suffisante. Ainsi, lorsque le premier cuvier de Schützenbach est épuisé, pendant qu'on le vide et qu'on le décharge, on conçoit qu'on fasse passer de l'eau sur le second pour l'épuiser à son tour et que le liquide du réservoir soit dirigé sur le troisième cuvier; le plus grand inconvénient qui en résultera sera d'avoir des liquides un peu moins riches. Mais lorsque la première cuve sera rentrée dans le travail, quelle perturbation sera apportée, dans le jeu de l'ensemble, par le mélange d'un liquide plus riche avec des liquides plus pauvres? Cette difficulté de manœuvre se rencontre dans tout système.

D'autre part, le rejet des eaux dites d'épuisement n'est-il pas la cause d'une perte considérable en sucre? Nous concevons donc que l'on puisse isoler du travail une cuve, pour la vider, la nettoyer, la remplir ; mais, à moins de pouvoir faire passer le liquide d'un vase, *à volonté*, sur un quelconque des points de la série, de façon à faire agir, *toujours*, le liquide riche sur de la pulpe riche, sans que cet ordre puisse être interrompu par les arrêts d'un ou de plusieurs des vases, il n'y a pas lieu de compter sur des résultats positifs. La seule inspection de la figure ci-dessus fait voir combien la batterie de Schützenbach est mal comprise sous ce rapport. L'appareil à virement de Dombasle, l'appareil de Delimal, le lévigateur de Pelletan, le macérateur de Martin, et la plupart des appareils de la macération, sont beaucoup moins imparfaits.

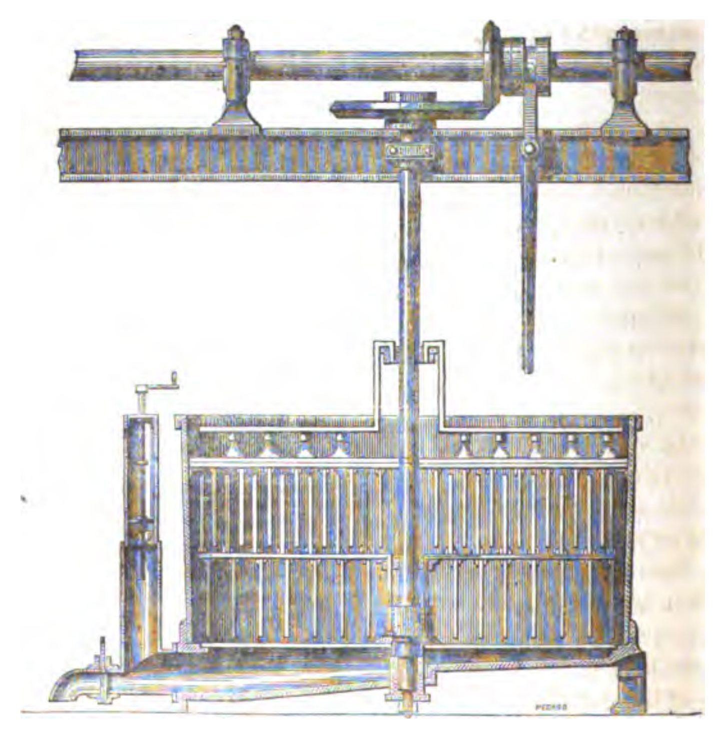


Fig. 137.

La figure 137 donne la coupe d'une cuve isolée dont il est

facile d'apprécier les dispositions et les fonctions. C'est un cylindre en tôle, à fond incliné vers la vidange. Un faux fond, recouvert en toile métallique, supporte la pulpe. Un couvercle perforé, mobile, se rabat sur la pulpe quand elle a été introduite dans la cuve. Enfin, un arbre vertical à palettes se meut sur une crapaudine dans l'intérieur du vase et agite la pulpe. Ce même arbre porte des tiges faciles à enlever, auxquelles sont adaptées des brosses qui nettoient le couvercle et le faux fond.

Chaque cuve, d'une grandeur proportionnée à l'importance du travail, reçoit d'abord de l'eau ou du jus faible, puis la pulpe, et le mouvement est donné à l'agitateur à raison de 20 à 25 tours par minute. On règle l'arrivée du liquide d'une cuve dans une autre par la vannette adaptée au tube communiquant indiqué à droite de la figure, et l'on fait couler de l'eau sur la matière dans une proportion suffisante pour que le couvercle soit recouvert par une couche de 1 centimètre. On maintient le niveau constant dans les cuves à l'aide de la vannette d'alimentation.

La quantité d'eau employée pour l'extraction du jus est double du poids des racines. On épuise par un poids d'eau presque double de celui des betteraves, et l'on rejette le produit trop faible de cet épuisement. On retire 125 kil. de jus pour 100 kil. de pulpe. Comme on ne fait fonctionner à la fois que dix cuves, il en reste une en vidange et une en remplissage. La durée de l'opération est fixée à 45 minutes pour le contact de la pulpe avec les liquides macérateurs, en sorte que, toutes les 4 minutes et demie, on charge une nouvelle cuve et on en vide une autre.

La vidange se fait par un trou d'homme placé à la partie inférieure. Le chargement s'exécute à la main, en versant la pulpe par le haut, après avoir ôté les brosses et le couvercle, qu'on replace ensuite.

Sans parler de l'impureté énorme du jus produit qui contient des quantités considérables de pulpe fine et de débris organiques, on peut reprocher à cette installation des griefs encore plus sérieux.

1° La quantité d'eau est trop considérable pour le traitement de la pulpe fraîche, puisqu'elle devrait être, au plus, égale au poids de la matière. Il y a là une cause de dépenses inutiles et d'augmentation des frais de vaporisation.

2° En outre de la portion de jus faible restant dans les pulpes, on rejette presque le double d'eau d'épuisement. Or ces eaux contiennent 0,25 de sucre pour 100, ce qui répond à une perte notable. Sur 1000 kil. de pulpe on retire 1250 kil. de jus à une densité variable. On perd 2850 kil. d'eau d'épuisement, de celle qui s'écoule des pulpes pressées ou qui reste dans ces matières. C'est donc une perte de 7^{k},125 de sucre pour les 1000 kil. ou de 0^{k},712^{gr},5 pour 100 kil. de betteraves, soit près de 1 0/0.

3° La quantité d'eau employée est tellement considérable que l'on a tout lieu d'y trouver une objection plausible contre la macération, si, toutefois, cette méthode devait être appréciée d'après les errements de Schützenbach. Les jus recueillis contiennent 40 kil. d'eau ajoutée sur 100 kil. de jus, ce qui est un chiffre presque aussi grand que celui que l'on emploie au turbinage, et l'épuisement en requiert des quantités fabuleuses, pour n'arriver, en somme, qu'à une proportion de 89 de jus réel pour 100 de racines.

Ce ne sont pas là des résultats dont on ait à s'applaudir, et Schützenbach aurait dû s'en tenir à la marche rationnelle.

Il est très-difficile de modifier avantageusement une méthode qui repose sur des principes rigoureux, surtout lorsqu'on veut forcer les règles à s'accommoder avec des opinions préconçues et des idées arrêtées. Schützenbach ne réussit pas avec les cossettes crues, parce qu'il veut les traiter à froid, en dépit des faits constatés par Dombasle; il fait application de la macération aux pulpes, à la remorque d'autres inventeurs français, mais il trouve le moyen de se soustraire à toutes les règles, de brouiller tout et de ne rien produire de sérieux. Le plus clair du résultat à constater repose dans la création d'un engin dispendieux et irrationnel.

On a vu les chiffres de Halle, de Stassfurth et de Waghaüsel, et il n'est pas possible de faire une comparaison avec les chiffres de Mathieu de Dombasle qui agissait sur les cossettes, ni avec ceux de Pelletan qui traitait la pulpe.

Pour comprendre la macération des pulpes, il faut la pratiquer régulièrement. Si l'on prend une vis d'Archimède inclinée comme celle de Pelletan, qu'on lui fasse saisir les pulpes par l'extrémité inférieure pendant que l'eau arrive à l'autre extrémité, et que le liquide provenant de la pression des pulpes

épuisées rentre vers le milieu de l'appareil, on constatera les faits suivants :

1° Le mouvement ascensionnel durant 45 minutes, la pulpe sera aussi bien épuisée qu'avec les 12 cuves de Schützenbach.

2° La densité du jus sera celle du jus normal, à très-peu près, pourvu que la quantité *totale* de l'eau ne soit pas supérieure au poids des betteraves.

3° La perte se réduira au sucre contenu dans les résidus de la pression des pulpes. Or ces pulpes renvoient à l'appareil par la pression 0,70 de leur poids, et l'eau qui demeure dans le résidu définitif n'est plus que de 0,26 du poids des betteraves, ce qui représente 65 à 70 grammes par 100 kil. de racines à 10 0/0, c'est-à-dire un peu plus d'un demi-centième du sucre.

4° L'eau est employée en quantité très-restreinte. A la première opération elle est égale au poids de la pulpe, jusqu'à ce que ce résidu arrive à la presse. A partir de ce moment, comme 1000 kil. de pulpe renvoient 700 kil. d'eau d'épuisement qui s'utilise dans le travail, il suffit de faire arriver 300 kil. d'eau au plus, par 1000 kil. de pulpe fraîche, pour être dans la règle pratique.

Ces vérifications ne sont ni difficiles ni coûteuses, et elles démontrent que les Allemands, en cherchant à s'emparer des idées françaises sur la macération, n'en ont compris ni la portée ni l'application.

Méthode Schützenbach. Traitement des cossettes sèches. — Dans un but facile à concevoir, Schützenbach a proposé de diviser les racines en lanières, de faire sécher ces lanières ou cossettes, et d'en extraire ensuite le sucre par macération.

Nous nous permettrons de ne voir encore ici qu'une manière de chercher à placer une certaine quantité de chaudronnerie. Cette appréciation est sévère, peut-être, mais elle est juste, et il est temps que l'on cesse d'hésiter devant la vérité.

Disons tout de suite que l'idée de la dessiccation des matières saccharines remonte à M. Payen, et que Schützenbach ne l'a pas inventée. Les considérants de cette pratique sont spécieux. On peut conserver les cossettes sèches plus longtemps que les racines fraîches ; on peut travailler toute l'année ; on peut faire

sécher la betterave dans les fermes, et les points les plus éloignés des fabriques peuvent être livrés à la culture de cette plante, par suite de la diminution des frais de transport.

Voilà le rêve, auquel il faut ajouter que Schützenbach prétend que l'épuisement des cossettes sèches est très-facile. Ceci est au moins bizarre, de la part d'un inventeur dont le procédé ne parvient pas à épuiser la pulpe fraîche sans l'emploi de quatre fois son poids d'eau, et qui a reculé devant le travail des cossettes crues; mais, enfin, comme les cossettes sèches s'épuisent bien, de même que les cossettes fraîches, nous nous contentons de signaler cette allégation, et nous indiquons les mauvais côtés de l'opération dont les avantages prétendus viennent d'être signalés.

Quoi qu'en ait dit M. Payen et qu'en dise Schützenbach, les cossettes sèches ne se conservent pas bien. Elles absorbent l'humidité d'une manière très-rapide et entrent en fermentation en peu de semaines, si elles ne sont pas parfaitement desséchées et gardées dans un milieu très-sec. Cette considération suffirait pour faire rejeter ce procédé, tant elle présente d'importance; mais elle est loin d'être la seule objection que soulève le procédé de dessiccation des cossettes. Il est à peu près impossible, en pratique, de dessécher complétement les tranches de betteraves sans caraméliser une portion du sucre et sans altérer une partie des principes organiques qui y sont contenus. D'un autre côté, il est loin d'être exact que la macération des cossettes, *dans l'appareil de Schützenbach*, épuise la totalité du sucre, bien qu'on emploie le double de cuves, et les frais de fabrication sont les mêmes que dans les procédés courants. Or, il convient d'ajouter à cela que les frais de dessiccation ne peuvent guère être évalués à moins de 1 fr. 10 par 100 kil. de racines, c'est-à-dire de 20 francs environ par sac de sucre. Il faut remarquer, en effet, que l'on dépense du combustible, de la main-d'œuvre, etc., pour faire évaporer l'eau des cossettes, que cette eau sera restituée, en partie, à la macération et que, de ce chef, il y aura double emploi dans une portion des frais.

Comme objection à la prétendue facilité de l'épuisement des cossettes sèches, nous ferons encore observer qu'on les imprègne de lait de chaux, afin de former du sucrate, et de rendre l'action de l'eau plus énergique et plus rapide. Il résulte de cela

que les pulpes sont perdues pour l'étable et bonnes seulement pour la fosse aux engrais. Les intérêts les plus sérieux de l'agriculture sont donc mis en question par ce procédé, dont toutes les louanges banales des complaisants ne peuvent faire une bonne méthode industrielle. Il est plus coûteux que le travail ordinaire, ne rend pas plus ni mieux, et il perd la pulpe. Cette conclusion, conforme aux faits les plus avérés et les plus constants, nous dispense de nous étendre davantage à ce sujet.

En présence de son insuccès manufacturier et des objections de la plupart des spécialistes, Schützenbach ne se tint pas pour battu et, désirant d'autant plus utiliser ses cuves qu'il venait d'y adjoindre des tourailles à air chaud, il proposa d'appliquer en grand le procédé de M. Péligot, qui reçut, pour la circonstance, le nom de *procédé Schützenbach*. C'était pousser le sans-gêne aussi loin qu'on puisse le faire, et *prendre*, sans le moindre scrupule, tout ce qui pouvait être à sa convenance. Rien, du reste, n'est moins étonnant que cette reproduction des habitudes peu délicates de l'industrialisme germanique, et tout observateur attentif a pu se convaincre de ce fait, que toutes les méthodes et tous les procédés possibles subissent une importation de ce genre. Nous constatons; nous ne voulons pas qualifier. Or, Schützenbach, pour parvenir à faire adopter *son procédé* et son outillage de dessiccation et de macération, faisait miroiter l'assurance positive d'obtenir directement de la raffinade par l'extraction à l'aide de l'alcool; il déclarait que les principes nuisibles à la cristallisation étaient retenus entièrement (*sämmtlich*) dans les résidus, qu'il ne pouvait plus se produire de mélasse, etc.; il déclarait son sirop sans défauts (*fadellosen*), et ajoutait qu'il réclamait seulement l'emploi de la proportion de noir usitée en raffinerie dans le traitement du sucre brut...

Toutes ces allégations de haute fantaisie disparaissent devant les faits, que nous résumons succinctement.

Pour employer l'alcool comme liquide macérateur, il faut que les cossettes soient préparées avec le plus grand soin, puisque, si elles contiennent du caramel, du glucose et divers produits de transformation, ces matières seront dissoutes par le menstrue, en sorte qu'il est *inexact* de dire que les sirops obtenus sont sans défauts et qu'il ne peut se produire de mélasse. On sait, en effet, que, dans le procédé Péligot, le sucre

n'est isolé que par l'action de l'alcool absolu sur la première masse obtenue.

Il est de même inexact de dire que les matières nuisibles à la cristallisation restent dans les résidus, puisque l'alcool affaibli, dissolvant du sucre, dissout également des sels et des matières organiques très-variables et fort nombreuses.

Walkhoff, qui n'approuve pas plus que nous ce procédé, cite, à cet égard, une analyse de Scheibler, de laquelle il résulte que 100 parties de masse sèche, obtenue par le traitement alcoolique, sont composées de :

Sucre	98,425
Matières organiques	0,323
Sels	1,252
	100,000

Si Schützenbach emploie le noir, c'est qu'il reconnaît que ses sirops ne sont pas *sans défauts*...

Nous aurons occasion de dire encore quelques mots sur ce procédé au sujet de son application à la production directe du sucre raffiné et nous ne le considérons à présent que comme un moyen d'extraction du sucre.

Sous ce rapport, il est clair que le menstrue ne peut épuiser les cossettes mieux que l'eau, bien qu'il ne dissolve pas autant de matières étrangères. Il reste dans les résidus une proportion de sucre aussi importante qu'avec l'emploi de l'eau et l'on est obligé d'employer de l'alcool d'autant plus étendu, que l'on veut mieux épuiser la matière. Or, plus l'alcool sera étendu et aqueux, plus il dissoudra d'impuretés. Ces deux conditions sont inéluctables.

La distillation peut bien séparer l'alcool des jus, bien que les huiles essentielles du dissolvant contribuent à infecter le sucre, si l'alcool n'est pas d'une très-grande pureté; mais il est assez difficile de l'extraire complétement des résidus. On évalue la perte, dans des termes très-modérés, à 500 kil. d'alcool pour le traitement de 18,180 kil. de cossettes, représentant 100,000 kil. de racines, c'est-à-dire, à 2k,75 pour 100 de cossettes, ou à 500 grammes pour les cossettes de 100 kil. de racines. Or, 500 kil. d'alcool, au prix moyen de 75 francs l'hectolitre (82k,189), représentent 6 hectolitres 08 et 456 francs de perte, en France, sans parler de l'impôt, du droit de consomma-

tion, etc. Si l'on ajoute à cela le chiffre de ces impôts, la dépense de rectification de l'alcool, l'intérêt des sommes dépensées, les risques d'incendie, on comprend qu'il est impossible de se faire la moindre illusion et que le *procédé Péligot, emprunté par Schützenbach*, ne peut être d'aucune utilisation pour l'extraction industrielle du sucre. Ce serait payer beaucoup trop cher une déception, et l'extraction ordinaire sera toujours beaucoup plus avantageuse et plus économique.

Méthode Robert; procédé par diffusion. — Nous n'aurions pas entretenu si longtemps le lecteur des procédés attribués à Schützenbach par les Allemands et même par certains Français, s'il ne s'était imposé à nous le devoir de rechercher le vrai avant tout. Franchement, le bagage réel de Schützenbach est de trop mince valeur en sucrerie pour que l'on s'arrête à en constater les défauts et à en détailler les imperfections. Mais il importait à l'intérêt du fabricant de sucre de faire voir que les procédés, *dits* de Schützenbach, sont essentiellement français et que tout le monde peut faire de la macération des cossettes crues ou sèches et des pulpes, ou même appliquer le procédé Péligot, sans encourir le risque d'une responsabilité. La seule chose à réserver est le matériel allemand, pour lequel on doit rester dans les limites strictement légales...

Or, voici précisément un autre procédé de macération qui nous est importé d'Allemagne, après avoir été exporté de France. Nous voulons parler de ce que l'on a appelé du nom bizarre de *diffusion*, et dont la *découverte* est attribuée à un fabricant de sucre de Seelowitz, en Moravie, par la plupart des spécialistes allemands, à l'exception toutefois de Walkhoff.

Le procédé Robert consiste à diviser les racines en petites cossettes ou lanières de 1 millimètre d'épaisseur sur 7 à 8 millimètres de largeur, à les introduire dans des vases clos, et à les mettre en contact avec des jus faibles chauffés à $+ 90°$. On épuise ensuite par de l'eau, par laquelle on fait parcourir successivement tous les vases macérateurs. Cet échauffement du liquide macérateur à $+ 90°$, dans un vase à part, est regardé par l'*inventeur* comme essentiel à son *procédé*, parce que ce liquide, mis en contact avec des cossettes froides, porte la masse à une température moyenne de $+ 50°$, qui serait la condition du succès.

Ce qui précède s'applique à une modification du procédé primitif dans lequel le liquide était chauffé en présence même des cossettes à l'aide d'un serpentin placé sous le faux fond, et la température moyenne était réglée vers + 85°. Comme l'ancien procédé et le nouveau ne diffèrent notablement que par ce qui vient d'être dit relativement à la température, nous en donnons la description générale avant d'examiner la valeur même de ce procédé, et de démontrer que l'inventeur ne s'est donné que *la peine de prendre*, sauf en ce qui touche certaines parties de son outillage.

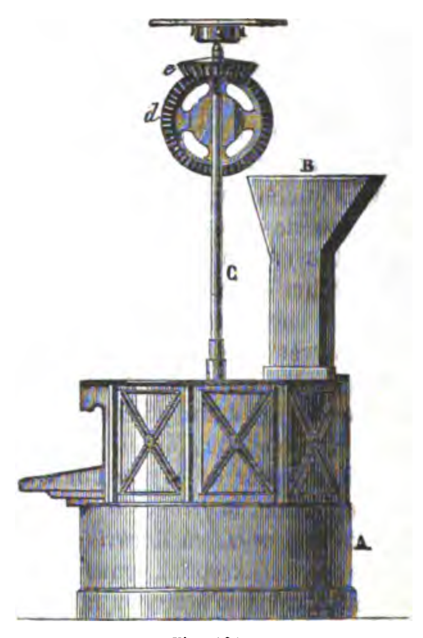


Fig. 138.

La division de la matière se fait, dans le procédé suivi à Seelowitz, à l'aide d'un bon coupe-racines, dont la figure 138 donne une élévation, et la figure 139 une coupe perpendiculaire.

Le corps de cylindre A renferme les couteaux diviseurs et un espace pour recevoir les cossettes qui s'échappent par un dégorgeoir latéral. Les racines lavées sont introduites par la trémie B et sont pressées par leur poids contre l'instrument de

division, lequel reçoit un mouvement circulaire horizontal par l'arbre *c*, qui tourne entre deux crapaudines, sous l'action de l'engrenage *d* sur *e*.

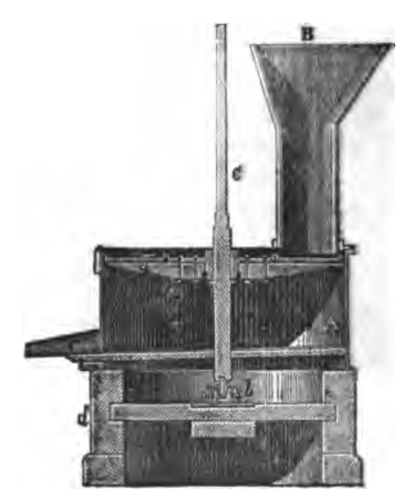


Fig. 139.

Aucune portion des racines ne peut échapper à l'action des couteaux, et la machine n'exige qu'une dépense de force insignifiante, puisqu'il suffit d'un cheval et demi pour un travail journalier de 100 000 kilogrammes, de l'aveu même de Walkhoff, qui est loin d'être un partisan de la diffusion Robert.

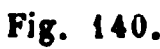
La figure 140 représente le plan de l'appareil sans l'arbre moteur, et la figure 141 en donne une coupe horizontale au-dessus des couteaux *a a' a"*.

Ces couteaux étaient d'abord disposés de manière à diviser les racines en petits prismes rectangulaires d'un centimètre de côté et de longueur variable; mais, depuis, le constructeur les a transformés de façon à obtenir des lanières plus minces, sans toutefois que l'appareil présente de modifications frappantes.

Les betteraves, arrivant par la trémie B, sont divisées par les couteaux *a a' a"*; les cossettes tombent au-dessous du disque qui supporte ces couteaux et s'échappent latéralement. Elles sont reçues sur des wagons, dont la charge normale est de 450 kilogrammes, et sont transportées vers l'appareil de macération. La vitesse du disque qui supporte les couteaux a été ré-

glée expérimentalement entre 150 et 200 tours, et le seul reproche un peu fondé, qui ait été fait au coupe-racines Robert, repose sur la complication des couteaux et les réparations fré-




Fig. 140.

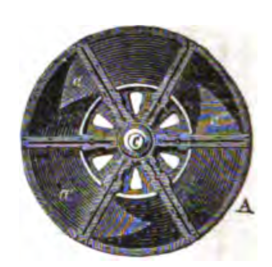


Fig. 141.

quentes qu'ils exigent. C'est là, suivant nous, un inconvénient auquel il peut être bien aisément remédié et dont on a exagéré l'importance. Tout en conservant la disposition générale du disque à couteaux, on pourrait substituer à ceux-ci des lames plus simples, inclinées sur le disque, qui débiteraient la betterave en tranches, en prismes ou en lanières de dimensions prévues. Les lames de rabots des coupe-racines ordinaires peuvent très-bien être utilisées dans ce dispositif.

Quoi qu'il en soit, les cossettes de betteraves sont portées

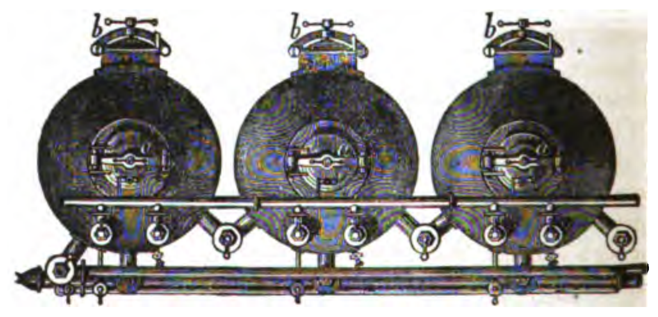


Fig. 142.

vers les appareils de macération dont la figure 142 représente le plan et la figure 143 l'élévation.

Ces figures reproduisent les dispositions des premiers appareils Robert. Il y a été fait depuis quelques changements peu importants. Le faux fond perforé a été rendu conique, le trou de vidange *d* a été remplacé par une sorte de clapet, par le-

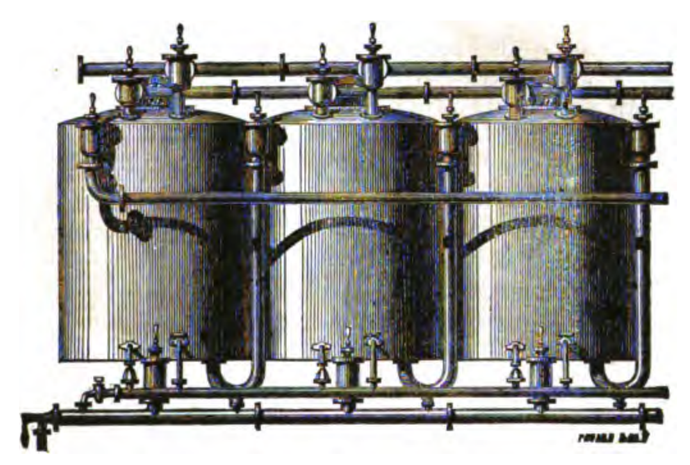


Fig. 143.

quel les matières épuisées tombent sur une toile sans fin pour être portées hors de l'atelier. Le serpentin de fond, qui existe dans les premières batteries, est supprimé, et remplacé par des chaudières à réchauffer et par une entrée de vapeur dans les cylindres.

Dans les premières dispositions (fig. 143), un serpentin reposait sur le fond des cylindres et transmettait le calorique nécessaire. Un faux fond perforé recevait les cossettes. Le sommet bombé de chaque cylindre était fermé par un trou d'homme, et un autre trou d'homme latéral *b* servait à la vidange. A l'aide d'un système de tubes et de robinets, le liquide d'un vase remonte de bas en haut dans le cylindre suivant; un robinet permet l'expulsion de l'air, et un vase quelconque peut être mis en vidange sans que la circulation soit suspendue dans les autres cylindres. Le nombre des cylindres est variable et la dimension qu'on leur donne est proportionnelle à la quantité de racines à travailler.

La *marche du travail* est d'une grande simplicité. Mais on doit faire une distinction entre la manipulation du premier sys-

tème et celle du second. Dans la première organisation, on chargeait les cossettes dans les cylindres et l'on refermait le trou d'homme. On faisait arriver alors de l'eau dans le premier vase, et l'on introduisait la vapeur dans le serpentin, de façon à porter la température à + 85°, ce qu'on appréciait à la main. Le liquide, sortant par le bas du premier cylindre, remontait dans le haut du second, où il était maintenu à la même température. La suite du travail se continuait de la même façon, jusqu'à ce que le jus eût atteint, dans un dernier vase, la densité du jus normal, et qu'il fût tombé à zéro dans le premier. Alors une quantité déterminée de jus riche était envoyée à la défécation; le travail du vase en épuisement était suspendu; on vidait ce vase par le trou d'homme inférieur; on nettoyait les tubes par un jet de vapeur, et l'on passait les parois intérieures au lait de chaux; puis on remplissait de cossettes nouvelles, sur lesquelles le jus du dernier vase achevait de s'enrichir pour passer à la défécation. Le second cylindre se trouvait alors en épuisement, et le même ordre se répétait indéfiniment dans toute la série.

La marche est la même quant à la circulation des jus dans le système actuel, et la modification porte sur ce point que, au lieu de chauffer le liquide et la cossette ensemble dans les vases, on fait arriver du liquide à + 90° sur des cossettes froides.

On introduit d'abord de l'eau à + 95°, jusqu'au tiers de la hauteur des vases, puis on les remplit de cossettes, en y versant le contenu des wagonnets de transport, de manière que la matière soit recouverte. On fait passer l'excédant du liquide dans un cylindre suivant, s'il y a lieu, et l'on referme les cylindres à mesure qu'ils sont chargés. Il faut avoir soin de bien mélanger la cossette avec le liquide. Lorsque le dernier cylindre est rempli, on ferme le trou d'homme et on laisse l'action se produire pendant 20 minutes. A ce moment, on fait arriver dans le premier vase de l'eau qui provient d'un réservoir supérieur, et qui déplace le liquide par la pression qu'elle exerce au sommet. La conséquence de cette pression est que les vases étant communiquants, il s'écoule du dernier une quantité de jus riche proportionnelle à celle de l'eau introduite. Le jus est envoyé à la défécation. La densité en est variable, selon la richesse des racines, la durée de l'opération et le nombre des

cylindres. Le cylindre épuisé est mis en vidange, en nettoyage et en remplissage, pendant que le jus du dernier cylindre est envoyé dans la chaudière à réchauffer, où il est porté à + 95°, pour être envoyé sur les cossettes nouvelles, sur lesquelles il séjourne pendant 20 minutes, avant de passer à la défécation, par suite d'un nouveau déplacement.

On a ainsi une circulation de liquide sous la pression d'une colonne d'eau, ce qui est très-économique. Le jus plus faible qui remplace celui qu'on a envoyé à la défécation est réchauffé, puis porté sur les cossettes neuves. Le reste de la batterie travaille à des températures décroissantes.

En ce qui concerne la *valeur du travail* dans ce système, nous prendrons la liberté d'exposer d'abord notre opinion personnelle avant de résumer les éloges et les critiques dont cette manipulation a été l'objet. Il ne s'agit pas encore ici de la question de propriété, ni du jugement à porter sur les prétentions de M. Robert, mais bien d'une simple question technologique. Or, nous trouvons que l'on doit reconnaître, en toute impartialité, les faits suivants :

1° Dans le système, *dit* de diffusion, *dit* de Robert, les liquides vont à l'encontre de la matière neuve et s'enrichissent forcément au degré du jus naturel, si les vases sont assez nombreux et la durée du travail assez prolongée. Sous ce rapport, on peut donc obtenir l'épuisement de la matière, si le travail est bien conduit, et des précautions convenables mettraient à l'abri des altérations du jus ou des résidus.

2° Les fautes commises sont d'une analyse facile. Les jus faibles étaient rejetés dans le premier système, et comme ils retenaient encore de 0,50 à 0,75 de matières solubles, cette perte ne laissait pas d'être sensible. Dans le second système, cette perte n'a plus lieu; mais, dans les deux cas, le liquide faible contenu dans la pulpe est perdu.

3° Le travail est trop long et il expose à des altérations notables des jus, parce qu'aucune précaution serieuse n'est prise contre les accidents. Ce n'est pas, en effet, un badigeonnage au lait de chaux qui peut suffire à enrayer la décomposition, et l'action de l'eau chaude, favorisée par une légère alcalinité, contribue puissamment à la transformation de la pectose.

Dans le premier système, par 10 cylindres seulement, la ma-

tière séjourne, en contact avec l'eau chaude, pendant un temps que l'on peut aisément analyser :

Chargement, 20 minutes ; pour 10 cylindres....	200 minutes.
Sortie du jus riche........................	8 —
	208 minutes.

Ce qui répond à 3 h. 28' ou à 3 heures et demie en nombre ronds. Dans le second système, on a, dans chaque cylindre :

Chargement.................	20 minutes..	= 63 minutes.
Temps de macération.........	20 —	
Sortie du jus riche...........	8 —	
Réchauffement des jus.........	15 —	

Ce qui donne 315 minutes ou 5 heures et un quart pour le séjour de la cossette en présence des liquides. Sous ce rapport, comme sous tous les autres, d'ailleurs, le premier système valait mieux que le second, bien que la circulation des liquides s'y fît d'une manière moins économique et moins élégante. Une bonne équilibration des densités, à chaud, peut se faire en 10 minutes, et ce temps peut se confondre avec celui du chargement, lorsque l'on peut retrancher de la série en activité le vase qui est en vidange et en chargement, comme dans la première marche indiquée. Ce serait donc un total indispensable de 148 minutes, ou de 2 heures 28', par le premier système, tandis qu'on ne peut guère faire d'économie de temps par le second mode. Nous ne pouvons donc regarder ce prétendu perfectionnement que comme une faute, surtout en admettant l'absence de tout soin contre la production des dégénérescences.

Ces appréciations sommaires nous permettent d'analyser les opinions émises par divers observateurs sur ce qu'on appelle la *diffusion Robert*. Nous commençons par l'éloge avant de faire la part de la critique.

Selon l'*inventeur*, l'installation est beaucoup moins onéreuse que celle des presses : il y a peu de frais de réparation ou d'entretien ; la dépense en vapeur et en main-d'œuvre est réduite des deux tiers. En opérant avec une température constante de + 82° à + 85°, on évite tous les inconvénients de la macération à chaud. Le jus est moins étendu qu'avec les presses. Les résidus qui sont de 58 0/0 des racines renferment toute la matière

albumineuse coagulée et ils sont plus nutritifs pour le bétail [1].

Nous admettrions volontiers tout cela comme vrai et rigoureux, si le liquide macérateur tenait en dissolution un agent de préservation.

Nous extrayons quelques données d'une brochure sur la diffusion publiée, en 1868, dans laquelle ce procédé est l'objet des louanges les plus flatteuses [1].

M. J. Adler, en résumant ce qu'il appelle les *faits* scientifiques, dit qu'il est inexact que la *mortification* des cellules doive précéder la macération; que, de 0° à + 50°, on peut extraire le sucre; que la *nouvelle méthode* régularise les températures nécessaires à tous les degrés du travail; que, d'après le docteur Wiesner, de 0° à + 50°, il n'y a pas de gonflement de la pectose et que la diffusion fournit le minimum de produits pectiques; enfin, que la plus grande partie des matières plastiques demeure dans les résidus.

On peut faire remarquer à M. Adler que si l'eau froide agit sur les tranches *non mortifiées*, cette action demande plus de temps, et que son affirmation est d'autant plus inexacte pour les matières plastiques qu'elles ne sont pas coagulées par + 50° de température.

Le chimiste Weiler a *trouvé* que la macération à chaud *ouvre les cellules*, tandis que la diffusion agit sur les *cellules closes* par égalisation de densité entre les jus des cellules et la liqueur extérieure. Il y a là une perle germanique qu'il suffit de signaler. Suivant le même observateur, le jus de diffusion contient moins d'eau que celui des presses; on obtient 10 0/0 de jus de plus par la diffusion; la qualité des produits est supérieure, ce qui tient à la moindre proportion des matières albuminoïdes; le jus de diffusion s'altère moins vite que le jus des presses; il ne renferme pas, comme celui-ci, des proportions notables de pulpe divisée. Le grand avantage de la diffusion repose dans l'*extraction complète* du jus et de la diminution extrême du prix de revient. Ce procédé donne moins d'écumes de défféca-

1. Ces allégations se rapportent au premier système adopté; mais elles sont moins applicables au second.

2. *La Diffusion* de M. Jules Robert, etc., par M. Joseph Adler, 1868.... Cette publication a tous les caractères d'un panégyrique, et c'est pour cette raison que nous n'avons pas voulu la passer sous silence. L'auteur est le *fondé de pouvoirs* de M. Robert.

tion, 1,454 0/0 au lieu de 2,338 ; les résidus sont d'une valeur nutritive plus grande que celle des pulpes ordinaires. Ils se conservent bien. Enfin, les frais d'extraction sont diminués de moitié, l'extraction est plus complète, le jus plus pur. Les frais d'installation sont d'un tiers ou de la moitié moindres que pour les presses. Les frais d'entretien sont presque nuls.

1° *Analyse comparative des jus.*

	JUS	
	de presse.	de diffusion.
Matière sèche	13,936 °/₀	10,236 °/₀
Sucre	11,25	8,41
Cendres	0,603	0,449
Matière organique	2,083	1,377
D'où, sur 100 p. de sucre :		
Cendres	5,360	5,339
Matière organique	18,516	16,373
Totaux	23,876	21,712

2° *Analyse de la matière sèche.*

	JUS	
	de presse.	de diffusion.
Matière sèche	15,521 °/₀	13,986 °/₀
Sucre	12,410	11,580
Sels de potasse et de soude	0,458	0,441
Sels de chaux et de magnésie	0,187	0,191
Combinaisons azotées	1,418	0,791
Combinaisons non azotées	1,048	0,983
Totaux	15,521	13,986
Azote	0,224	0,125
D'où, sur 100 p. de sucre :		
Sels de potasse et de soude	3,690	3,808
Sels de chaux et de magnésie	1,507	1,649
Combinaisons azotées	11,426	6,830
Combinaisons non azotées	8,445	8,488
Totaux	25,068	20,775

3° *Analyse de la masse cuite. Diffusion.*

Eau	11,886
Sucre	79,250
Sels de potasse et de soude	3,458
Chaux et sels de chaux	0,139
Matières étrangères organiques	5,627
	100,000

De là, sur 100 p. de sucre :

Matières étrangères organiques	6,546
Sels de potasse et de soude	4,363
Chaux et sels de chaux	0,174
Total	11,183

4° *Analyse des pulpes de diffusion, sur* 100 *parties de matières sèches.*

Sucre cristallisable	1,065
Substances protéiques	11,749
Matières grasses	0,436
Cellulose	21,487
Autres hydrates de carbone (?)	56,843
Sels minéraux	6,325
Sable, etc	2,095
	100,000

Nous ne faisons qu'une observation au sujet de cette dernière analyse. Il nous paraît assez difficile de comprendre ce que le chimiste a voulu désigner par les *autres hydrates de carbone*, dont il parle, et qui se trouveraient exister dans le rapport de 56 à 21, relativement à la cellulose. L'auteur n'a pas voulu parler, assurément, des matières solubles, et il nous semble que les *matières hydrocarbonées insolubles*, différentes de la cellulose, n'existent nulle part dans une proportion semblable. Avec toute la bonne volonté du monde, on ne peut regarder les principes pectiques comme des *hydrates de carbone*, puisque ces corps sont avec un grand excès d'oxygène. Il n'y a guère que la *fécule*, à laquelle on puisse appliquer la dénomination d'hydrate de carbone, comme à la cellulose, dans le cas dont il s'agit; mais comme ce corps ne se trouve, dans les tissus de la betterave, qu'en proportion infinitésimale on ne sait pas ce que l'analyste a déterminé par une appellation non justifiée qu'il ne semble pas avoir comprise lui-même.

Le docteur Wiesner conclut, de ses recherches micrographiques sur les *tranches diffusées* que le sucre a traversé la membrane cellulaire et que les pulpes retiennent la pectose et les matières albuminoïdes... Nous ferons observer que cette allégation est inexacte. La matière albuminoïde est moins abondante que dans les jus de presse, mais elle existe dans les jus, *dits* de diffusion; l'analyse de Weiler sur les jus et la masse cuite en fournit la preuve péremptoire.

Les observations d'une commission spéciale ont confirmé la plus grande pureté des jus de diffusion et l'analyse des commissaires (Zimmermann et Grouven), exécutée à Salzmünde, leur a donné, comparativement, sur 100 parties pondérables :

	JUS	
	de presse.	de diffusion.
Poids spécifique	1050 °/₀.	1037 °/₀.
Sucre	9,530	7,170
Sels	0,696	0,413
Substances protéiques	0,718	0,399
Matières extractives	1,265	0,903
Totaux	12,209	8,885

Ils ajoutent que les résidus (70 0/0 du poids de la racine) ne contenaient plus que des traces de sucre, et que, à cet égard, *le procédé Robert donne encore plus que le procédé Walkkoff.*

Sans nous étendre davantage sur les considérations exposées par les partisans de la diffusion Robert, nous croyons devoir faire observer au lecteur que cette dernière phrase, par laquelle Zimmermann et Grouven donnent la préférence au procédé de Robert sur celui de Walkhoff, peut très-bien avoir eu une certaine influence sur les opinions de ce dernier et sur l'espèce d'acrimonie avec laquelle il traite la question. Malgré les assertions de Walkhoff, en séparant la macération de la machine Robert, il reste acquis à la fabrication que la macération épuise aussi bien que les presses, qu'elle rend plus de jus lorsqu'elle est bien faite, que ce jus est plus pur relativement; enfin, que les pulpes sont d'un emploi utile pour le bétail.

Ces prémisses étant posées, non pas en faveur de la diffu-

sion, mais en faveur de la macération, nous analysons les critiques de Walkhoff.

Comme la marche du travail se contrôle par la densité décroissante des liquides des cylindres, l'auteur dont nous parlons reproduit des documents relatifs à ce contrôle, et nous les mettons sous les yeux du lecteur, afin de ne rien négliger de ce qui peut éclairer cette discussion.

NUMÉRO DU CYLINDRE.	TEMPÉRATURES	DEGRÉ aréométrique (BRIX).	DEGRÉS DE BALLING (sucre %).
1	+ 10°	1,00	0,00
2	20	3,00	0,00
3	28	3,75	0,50
4	34	5,00	0,80
5	38	6,50	1,25
6	42	7,50	2,70
7	47	9,50	3,50
8	50	11,00	6,00
9	»	»	10,00

Walkhoff fait observer que les racines qui ont fourni ces résultats présentaient un jus normal à 16° Balling, en sorte que l'on devrait en conclure que le jus de la macération Robert est notablement dilué, ou que la quantité d'eau employée est excessive.

En prenant pied à pied les rendements en jus attribués à la diffusion, l'auteur du *Fabricant de sucre de betteraves* démontre que ce rendement ne peut s'élever au-dessus de 90 0/0, et il le considère comme satisfaisant. Mais ce chiffre de rendement étant constaté, il reste 6 de jus dans les résidus et, à raison de 11,33 de sucre pour cent de jus, cette perte est plus élevée que ne le disent les promoteurs de la diffusion, qui n'accusent que 0,20 0/0 de la racine, tandis que la perte réelle égale 0k,679 pour cent kilogrammes de betterave. D'ailleurs, les dires relatifs à la teneur des résidus en sucre ne semblent pas être très-probants, puisque ces résidus sont de richesse très-variable, de 0,01 à 1,31 pour cent, ce qui, à raison de 70 pour cent du poids des racines, revient à une perte en sucre de 0,007 à 0,92 pour cent de betterave.

Walkhoff critique ensuite et très-justement, selon nous, la

perte qui résulte du rejet des eaux de lavage. D'après les analyses d'un partisan zélé de la diffusion, il part des chiffres qui en résultent, et il admet que ces eaux de lavage perdent 0,22 de sucre pour cent kilogrammes de racines, ce qui paraît indiscutable. Or, ce chiffre, réuni à la perte moyenne de 0,36 pour cent dans les jus, conduit à une perte nette de 0k,580 de sucre sur cent kil. de betteraves.

D'autre part, la quantité d'eau exigée par la diffusion est énorme. Elle ne s'élève pas à moins de 225 kilogrammes pour cent kilogrammes de racines, ce qui est déjà une source de difficultés en beaucoup d'endroits. Sur ces 225 kilogrammes, 40 kilogrammes passent dans les jus et sont à vaporiser ; 65 kilogrammes restent dans les résidus et 120 kilogrammes sont rejetés. Cela est réellement effrayant, et Walkhoff raisonne en praticien consommé, lorsqu'il dit que le problème à résoudre consisterait à obtenir 90 de rendement en jus, en ajoutant seulement 10 à 15 pour cent d'eau.

Continuant son étude pratique, notre auteur trouve que si, dans la diffusion, la quantité de la masse cuite est proportionnelle à celle du jus, comme dans toutes les autres méthodes, ici la qualité est assez médiocre, que le rendement en sucre en est moindre à cause de la viscosité des produits, et il démontre que la qualité ne surpasse pas celle des masses cuites provenant des presses. En effet, en prenant seulement le travail de Seelowitz dans les données comparatives reproduites par Walkhoff, on a, pour composition des masses cuites :

	Diffusion.	Presse.
Sucre.	78,250	79,250
Eau.	13,062	11,886
Potasse et soude.	3,394	3,468
Sels de chaux.	0,425	0,139
Substances organiques. . .	4,869	5,276

En rapportant ces résultats à 100 de sucre, on trouve que le chiffre des matières étrangères est de 11,089 par la diffusion et 11,084 par la presse. Cela est parfaitement exact, et il convient de faire observer que, s'il est vrai que les jus de diffusion sont plus purs que ceux de presse, au point de vue des matières azotées, le travail fait disparaître cette inégalité. Comme c'est le résultat final qui intéresse le fabricant, il est évident que la valeur analytique de la masse cuite ne plaide pas en faveur de

la diffusion Robert. D'un autre côté, le rendement total n'aurait été que de 8,01 de sucre pour cent de racines, ou 65,3 pour cent de masse cuite, entre les mains de M. Schœttler, le plus ardent avocat de la diffusion[1]... Les betteraves traitées étaient à 12,03 de richesse pour cent, et ce résultat ne conduirait qu'à un rendement de 6,6 pour cent, avec des racines à 10 pour cent, ce qui est insuffisant pour un procédé de macération.

Aussi Walkhoff trouve-t-il que le résultat est assez médiocre pour n'avoir tenté que peu de fabricants. Il ajoute que la diffusion exige beaucoup d'eau, que les appareils de vaporisation doivent être plus grands, qu'il faut une surveillance incessante et intelligente, que la défécation doit être modifiée, que la proportion des résidus (70 à 75 pour cent) est excessive, et que ces matières renferment une masse d'eau considérable (94 à 96 pour cent). D'après des expériences pratiques, ces pulpes de diffusion donneraient 14 pour cent de *matières fécales sèches* de plus que les pulpes de presse, ce qui prouve que l'utilisation, pour la nutrition des animaux, en est moins complète.

Sans nous occuper à présent des questions de coût et de dépenses, qui seront groupées dans un chapitre spécial, nous devons reconnaître que les appréciations de Walkhoff sont fondées en ce qui concerne le travail Robert. Nous attachons très-peu d'importance à la pureté relative plus ou moins grande que les partisans de l'*affaire Robert* attribuent aux jus de diffusion. Nous voyons le résultat, et nous disons qu'il ne vaut pas mieux que celui des presses, qu'il est souvent inférieur, que les jus de la diffusion sont au moins aussi altérables, et nous admettons la valeur de tous les reproches spécifiés ci-dessus. Mais nous ne rapportons pas ces reproches à la macération. Pour nous, c'est le système Robert qui est en cause, et nous ne voyons pas d'autre éloge à lui faire que celui-ci : le système Robert a démontré que la macération donne des résultats égaux à ceux de la pression. Nous ajoutons que, si le travail

1. Walkhoff fait observer que M. Schœttler est un des plus intéressés à prôner la diffusion, comme constructeur. Ce fait est malheureusement trop fréquent en sucrerie, et sous la plupart des *inventions* ou des *plagiats* se cache une affaire de chaudrons. Sans doute, il faut de la construction, il faut des appareils; mais tout cela n'a rien de commun avec la constatation de la vérité. Dans tous les procédés auxquels les chaudronniers sont mêlés, tout est sacrifié à l'engin. Nous en aurons encore bien des preuves sous les yeux.

de la macération était bien compris dans ce système, les résultats seraient plus avantageux que par les presses. M. Robert n'a visé qu'à un seul but, celui de faire un outillage, et il faut convenir que ce but de lucre ne s'atteint pas toujours par le progrès de la sucrerie. Il est clair que M. Robert emploie une quantité d'eau excessive, que ses jus sont trop dilués, qu'il perd du sucre dans les résidus et dans les eaux de lavage, que sa défécation ne vaut pas mieux que l'opération vulgaire, que son rendement n'est pas ce qu'il devrait être, que ses masses ne sont pas supérieures à celles des presses, que ses résidus sont trop aqueux; mais, tout cela est de la faute personnelle de l'inventeur, et ne peut pas être attribué à la macération à laquelle il a emprunté le peu de bien de sa méthode, et dont il a amoindri les ressources par son penchant pour le gros matériel. Il fallait bien que la machine fût d'un bon rapport...

Quoi qu'en puisse dire M. Robert, quoi que puissent alléguer ses enthousiastes, dont nous ne scruterons pas les motifs, on ne peut rien faire de net en macération que dans certaines conditions rigoureuses. Le liquide macérateur ne doit jamais dépasser, *pour les racines fraîches*, le chiffre de l'eau qui y est contenue normalement; il ne doit s'élever *au plus* qu'au poids des racines, et une macération bien faite n'en emploie que 30 pour cent au maximum. L'action de la chaleur, favorable à l'extraction, doit être corrigée par des précautions sérieuses contre les matières azotées et les principes pectiques, sous peine d'avoir des cuites visqueuses cristallisant mal. Enfin, le liquide de lavage doit rester dans la fabrication, et celui qui est renfermé dans les résidus doit en être exprimé et retourner au travail, au moins pour une partie notable. Sans l'accomplissement de tout ce qui vient d'être dit, la macération est incomprise et mal faite.

Nous abordons maintenant la question délicate, celle de la propriété, et nous disons toute notre pensée à ce sujet. Nous ne reconnaissons aucune raison pour encenser le plagiat Robert, et la contre-façon ne doit avoir d'abri nulle part, bien que certains fabricants d'éloges semblent professer une idée contraire. Nous sommes heureux de dire que telle chose appartient à tel inventeur; mais, en revanche, nous n'hésitons

pas à déclarer que M. Robert n'a rien à lui, dans son système, qu'un outillage coûteux et peu rationnel.

1° La communication du liquide du fond d'un vase, avec le sommet du vase suivant, n'est pas de l'invention de M. Robert. Cette disposition a été mise en pratique, avant 1837, dans le macérateur de M. de Beaujeu.

2° L'emploi de l'eau à + 90° n'appartient pas non plus à M. Robert; cette réglementation de la température a été indiquée et mise en pratique par le même M. de Beaujeu à la même époque et, par parenthèse, M. de Beaujeu n'agissait avec le liquide chaud que sur la matière neuve, ce qui en portait la température moyenne à + 50°, en sorte que M. Robert n'a rien inventé en ceci.

La macération, à laquelle M. Robert a donné le nom de diffusion, pour couvrir l'emprunt forcé auquel il s'est livré, se faisait donc, en 1836, comme M. Robert fait la diffusion aujourd'hui; même direction des liquides, ce qui n'est peut-être pas le mieux de son affaire, et même température. Tout ce qui appartient à M. Robert consiste dans un bon coupe-racines et dans l'emploi inconsidéré d'une masse de métal à faire payer par les fabricants.

Il serait bon que les thuriféraires consentissent à apprendre un peu le métier dont ils parlent avant de prodiguer leurs louanges banales. Que les fabricants le sachent bien pour pouvoir affirmer la valeur des éloges adressées à la *nouvelle méthode de M. Robert :* tout est contrefaçon dans cette prétendue méthode, rien n'appartient à cet inventeur, qui n'a rien inventé, sinon un moyen de faire de l'argent, qui ne peut même revendiquer la propriété de la disposition capitale de son appareil, puisque cette disposition, créée par M. de Beaujeu (1836), a été employée partout depuis, et notamment dans les dispositions de la macération Champonnois, où elle était beaucoup plus intelligemment combinée. M. Robert est l'inventeur d'un coupe-racines, avons-nous dit; c'est tout, et encore doit-on rappeler que les dispositions de la râpe de Sauer-Schwabenheim (p. 439, fig. 82) lui ont servi de modèle, comme elles en peuvent servir à tout le monde.

L'homme qui *prendrait* le *drap d'autrui* et lui donnerait le nom d'*étoffe* se trouverait exactement dans la situation de l'*inventeur de Seelowitz.*

Procédé Wilkinson et Possoz. — Après avoir étudié avec soin ce qui se rattache à la macération, sur les expériences des savants et sur celles des praticiens, le lecteur serait porté à croire que ce mode d'extraction des jus est d'une telle simplicité qu'il ne laisse pas de place pour les spéculateurs. Ce serait une erreur dont M. Possoz se charge de démontrer l'absurdité, en patronnant un système de *macération mécanique accélérée*. Cette appellation est, à elle seule, une démonstration, et elle équivaut à une définition par les contraires. Malgré les titres de M. Possoz à la confiance de la fabrication, titres qui seront examinés au sujet du procédé dit de Périer et Possoz, bien que ce procédé n'appartienne en rien à ses titulaires, malgré la connaissance du sucre, que nous supposons acquise à un homme qui se dit chimiste, ce que nous acceptons, par condescendance, ce titre de macération accélérée prouve que M. Possoz n'a jamais su un mot de la macération. Cela ne nous étonne pas, vraiment; mais il importe à la sucrerie que des savants de cet ordre ne viennent pas lui apporter leurs hallucinations en guise de vérités, et que ces Messieurs fassent enfin de l'argent avec du travail et non plus avec l'exploitation d'une industrie honnête, dont le défaut, l'unique, est d'être souvent trop crédule. Nous décrivons donc le procédé de MM. Wilkinson et Possoz, et nous en disons tout ce que nous pensons, Mais, auparavant, nous adressons une question aux fabricants de sucre. Se sont-ils demandé pourquoi M. Possoz, le *chimiste*, a la modestie de se placer à la suite de Périer et de Wilkinson, dans les deux *procédés* auxquels son nom est rivé? Assurément, si M. L. Possoz était l'inventeur réel de ces belles choses, on aurait écrit : les procédés Possoz et Périer, Possoz et Wilkinson... On ne l'a pas fait, parce que les procédés dont nous voulons parler sont Périer et Wilkinson, que M. Possoz n'y est qu'un appoint, parce qu'il n'est là que le chimiste nécessaire à une opération bien montée. Ce n'est pas une raison pour que la sucrerie admette comme démontré que M. Possoz connaît quoi que ce soit du sucre, mais c'est un motif pour reconnaître qu'il s'occupe d'*affaires de sucrerie*.

Ces questions seront examinées en détail. Nous avons à étudier la science de M. Possoz au point de vue du brevet Wilkinson; nous la retrouverons en présence de la société Périer, Possoz et Cail, établie pour exploiter un procédé public; nous la

reverrons plus tard en face du Concretor de Fryer, et même, entre temps, nous pourrons en dire un mot au sujet d'un brevet plus récent, personnel, paraît-il, au chimiste...

Dans l'*opinion de M. Possoz*, la *macération mécanique accélérée reste le dernier mot du progrès*[1].

Nous ne préjugeons rien sur l'appareil que la pratique aura, peut-être, à apprécier, et qui nous a paru être une copie d'une forme de la *baratte à beurre* de nos fermes.

Nous ne voulons nous occuper présentement que du procédé. En voici la description, empruntée à M. H. Tardieu.

« Le procédé d'extraction du jus de betterave consiste en une macération opérée dans des conditions qui paraissent la différencier de celles déjà connues. La betterave est divisée par un coupe-racines en *cossettes de 5 millimètres au plus d'épaisseur*. Ces cossettes fraîches sont introduites dans un vase et mêlées à du *jus en travail*, c'est-à-dire n'ayant pas encore atteint sa densité normale, *préalablement réchauffé* de manière à pouvoir porter rapidement, au moyen de la vapeur, introduite dans le double fond dont le vase est muni, la température du mélange de 65 à 95 degrés. Sous l'influence de cette température, *les cossettes s'amortissent en quelques minutes*, les cellules de la betterave se rompent, les matières albuminoïdes se coagulent et *le jus recueilli*, après son passage sur ces cossettes, qui ont toute leur richesse saccharine, *est propre au travail subséquent*, qui ne diffère du travail ordinairement pratiqué en sucrerie, qu'en ce que *la défécation n'est pas applicable, par suite de la coagulation des substances protéiques, qui s'est opérée dans les cellules mêmes de la betterave*. On procède donc de suite sur ces jus à *une ou deux carbonatations successives*.

« Les cossettes, en sortant du vase dont nous venons de parler, sont montées, par une chaîne sans fin, dans un second appareil de macération d'une disposition particulière (?). Le liquide employé pour cette macération se compose :

« 1° Du *liquide exprimé des cossettes épuisées au moyen de presses continues ou autrement*, liquide auquel on ajoute 1/2 millième de *sulfite de chaux du poids des betteraves ;*

« 2° D'*eau pure* dans la proportion de 20 0/0 environ du poids des betteraves, c'est-à-dire qu'on ne fait entrer dans

1. *Sucrerie indigène*, du 5 août 1872.

l'opération que la quantité d'eau pure mise habituellement sur la râpe.

« Ces deux liquides sont portés, dans des vases séparés, à une température telle que leur mélange avec les cossettes donne, dans le vase macérateur dont nous parlons, une température de 35 à 40 degrés.

« A la sortie de cet appareil, les cossettes, après y avoir subi un épuisement méthodique, qui peut durer de 40 à 60 minutes, sont *entièrement épuisées de leur sucre;* il n'y a plus qu'à les soumettre à une *pression facile et économique,* plus ou moins forte selon le degré de siccité auquel on veut les amener.

« Le liquide qui a servi à la macération dans le vase est recueilli, et c'est lui qui, chauffé comme nous l'avons dit plus haut, sert de jus macérateur et amortisseur dans le premier vase sur les cossettes fraîches, pour, de là, ayant atteint sa richesse maximum, passer à la carbonatation.

« Dans le laboratoire, M. Possoz opère sur ces jus *sans le concours du noir animal, à air libre et à feu direct.*

« Afin d'établir des points de comparaison entre ces jus de macération et ceux produits, en même temps et sur des betteraves identiques, par le râpage et la pression ordinaires, les uns et les autres sont épurés exactement dans les mêmes conditions et par des *proportions semblables de chaux* et d'acide carbonique; puis, après filtration à travers des toiles et du *papier*, ils sont concentrés et cuits à feu nu jusqu'au filet léger, soit jusqu'à ce que leur point d'ébullition à l'air libre atteigne 114° du thermomètre centigrade.

« A cet état de concentration, les masses cristallisent à froid, et il est commode d'en prendre des échantillons moyens exacts pour l'analyse.

« Les cuites obtenues dans ces conditions sont très-comparables entre elles, mais elles diffèrent trop des masses cuites des fabriques, en ce qu'elles sont moins concentrées et produites sans noir et à feu nu, pour être comparées à ces dernières.

« *Les analyses*, exécutées à l'occasion de ces expériences d'extraction, *sont régulièrement à l'avantage de la macération dont nous parlons*, soit sous le rapport de la pureté des masses cuites, soit sous le rapport de l'épuisement des résidus. M. Possoz *attribue la plus grande pureté de ses jus à la coagula-*

tion immédiate des matières albuminoïdes DANS LES CELLULES VÉGÉTALES, et cette pureté, jointe à l'épuisement des résidus, justifie parfaitement l'augmentation de rendement en sucre.

« M. Possoz insiste surtout sur l'*importance de la première opération;* il lui paraît à peu près certain que *plus l'amortissement des cossettes a lieu à une température élevée et plus l'épuisement est rapide,* plus les jus bruts sont purs et mieux ils se laissent épurer par la chaux et l'acide carbonique, toutes choses égales d'ailleurs. »

Les *inventeurs* prétendent avoir résolu trois points importants : économie des frais d'extraction du jus de betterave, augmentation de rendement en sucre, et *enrichissement des pulpes résidus en matières albuminoïdes ou nutritives.*

Parmi les analyses citées par M. H. Tardieu, nous recueillons deux données.

A. *Masse cuite obtenue par les jus de presse, sans noir, et à feu nu* (betteraves de M. J. Gaudet).

Eau	18,03
Sucre	64,35
Matières étrangères	17,62
	100,00

B. *Masse cuite obtenue par les jus de macération sans noir et à feu nu* (mêmes betteraves).

Eau	20,49
Sucre	66,00
Matières étrangères	13,51
	100,00

Nous demanderons tout d'abord la permission de ramener ces produits à leur valeur par une cuite normale à 10 0/0 d'eau et nous trouvons, pour *chiffres comparables* :

Analyse *A*..	Eau	10,00	= 100,00
	Sucre	70,65	
	Matières étrangères	19,35	

Coefficient sucre pour 100 de parties solides, 78,5.

Analyse *B*..	Eau	10,00	= 100,00
	Sucre	74,71	
	Matières étrangères	15,29	

Coefficient sucre pour 100 de parties solides, 82,65.

Dans les conditions d'une *bonne cuite de fabrique*, le procédé splendide de M. Possoz, *le dernier mot du progrès*, donnera donc un rendement total, en trois jets, de 65,30 de sucre pour 100 de masse cuite, tandis que la masse cuite des mêmes betteraves, par la râpe et la presse, ne fournirait que 58 de sucre pour 100 de masse.

Ce sont là de mauvais rendements, dont il n'y a pas lieu de se féliciter si bruyamment, surtout lorsque l'on a opéré sur des betteraves aussi bonnes que celles sur lesquelles ont roulé les expériences de M. Possoz. Il se trouve, en effet, par une coïncidence assez remarquable, que nos rapports avec M. Gaudet nous ont permis d'étudier les mêmes betteraves que M. Possoz. Nous en avions rapporté, à Paris, une quantité très-suffisante, de la récolte de 1871. Nos vérifications ont eu lieu en janvier 1872, comme celles de M. Possoz. Nous avions peut-être un avantage sur cet observateur, en ce sens que nous connaissions la nature des racines, le mode de culture et d'engrais qui y avait été appliqué, etc. Or, le jus de ces betteraves, obtenu par pression, nous a fourni une masse cuite à 86 de richesse sucrière sur 100 de matières solides et celui des mêmes betteraves, obtenu par macération, a donné une masse cuite à 88,50 de richesse pour 100 de matières solides, après une cuite à 10 0/0 d'eau dans les deux cas.

Il en résulte des rendements respectifs de 72 et de 77 0/0 de masse cuite, et ces résultats sont tellement éloignés des dires de M. Possoz que nous avons dû rechercher les causes de ces différences.

M. Possoz est tombé dans une erreur profonde en regardant la défécation comme inutile après ce qu'il appelle *sa macération*, car le jus des betteraves qu'il a traitées exige 17 à 18 millièmes de chaux, même après *cette même macération* à + 95°. Après une macération bien faite, la quantité de chaux nécessaire pour ces mêmes jus, n'est plus que de 1,5 à 2 millièmes, ou de 4 millièmes, en comptant la proportion nécessaire pour éliminer l'excès du principe astringent employé. Si donc M. Possoz connaissait la sucrerie, il se garderait bien de présenter, comme le dernier mot du progrès, un procédé qui laisse 17,35 de matières étrangères, minérales et organiques, sur 100 de matières solides, dans une masse cuite obtenue avec de *bonnes betteraves*. Il saurait que c'est là un des plus

mauvais résultats que l'on puisse obtenir à la fin d'une campagne, avec des racines de mauvaise qualité. Nous verrons, d'ailleurs, dans une étude ultérieure, que le procédé d'épuration suivi ne présente qu'une valeur illusoire.

Comme nous ne sommes pas renseigné d'une manière exacte sur le degré réel d'épuisement des pulpes, nous supposerons que l'inventeur atteint le même résultat que celui qu'on obtient par une bonne macération, et nous passons à un ordre de considérations différent.

Nous disons que le procédé Wilkinson n'appartient en rien à MM. Wilkinson et Possoz, en tant que procédé, et nous allons le démontrer, afin de mettre la sucrerie en garde contre cette nouveauté. Nous réservons complétement la question de l'outillage.

1° La betterave est divisée en cossettes de 5 millimètres *au plus* d'épaisseur... C'est ce que tout le monde fait; le peu d'épaisseur des cossettes est recommandé par tous ceux qui pratiquent la macération, sans aucune exception.

2° Les cossettes sont mêlées à du *jus en travail*, c'est-à-dire n'ayant pas encore atteint sa *densité normale*, *préalablement réchauffé*, etc... Voilà bien des mots pour dire que *les cossettes neuves sont macérées par du jus déjà enrichi*, comme tous les technologistes indiquent de le faire, et que l'on emprunte le réchauffement à *la diffusion* Robert, à notre *macération*, à celle de tout le monde, et à tous les praticiens.

3° La température du mélange est portée à + 95°..., les cossettes s'amortissent..., les matières albuminoïdes *s'y* coagulent...

L'idée d'amortissement est celle de Mathieu de Dombasle; celle de la coagulation des matières albuminoïdes au sein même des cellules est *notre propriété* ainsi que la fixation de la température vers 95°. (Brevet n° 71,951, du 21 août 1866 et addition 29 juin 1868.)

4° La coagulation des substances albuminoïdes s'est opérée dans les cellules mêmes de la betterave... Même observation.

5° Emploi du sulfite de chaux... *Emprunté* à Proust, à Melsens, Dubrunfaut et au public.

6° Température du mélange en macération, + 35° à + 40°... donnée *empruntée* à M. de Beaujeu, à la diffusion Robert et au domaine public.

7° Durée de la macération, 40' à 60', donnée *empruntée* à notre macération, exécutée chez M. J. Gaudet, et consignée dans nos travaux, antérieurs à l'ingérance de M. Possoz dans la question sucrière.

8° Rejet du noir... Condition fondamentale de notre système dont la possibilité a été démontrée en laboratoire et en fabrique, avant qu'il fût question de la *macération mécanique*.

Une dernière observation. M. Possoz attribue la pureté de *ses jus* à la *coagulation immédiate* des matières albuminoïdes dans les cellules végétales; il insiste sur l'opération d'amortissement à + 95°... Nous le prions de reporter cette idée à notre brevet, et nous n'avons rien à lui prêter, ni rien à nous laisser prendre. Nous donnons souvent. Nous prêtons volontiers, mais nous désirons que, pour nous *prendre quelque chose*, on soit muni de notre *assentiment*.

Enfin, M. Possoz trouve que, plus l'amortissement des cossettes a lieu à une température élevée et plus l'épuisement est rapide; il a raison... Mais il voudra bien reporter cette donnée où il l'a *prise*, savoir, dans la première édition de notre présent ouvrage et dans le premier volume de notre ouvrage sur l'alcoolisation, où elle est exposée, expliquée et commentée tout au long.

Nous savons que Mathieu de Dombasle et Proust ne réclameront pas contre les familiarités de MM. Wilkinson et Possoz; Michaëlis, Frey et Jellinek n'ont réclamé que par la plume de Walkhoff; nous réclamerons, de notre côté, pour nous et pour les autres et il ne nous semble pas juste que M. Possoz, seul ou accompagné, fasse son profit personnel des recherches d'autrui, pas plus de celles qui ont été livrées au public que de celles dont les auteurs se sont réservé l'application.

Ceci bien compris et nettement posé, nous concluons : 1° que la macération mécanique accélérée de Wilkinson et Possoz est mal exécutée, parce que l'on a voulu y rattacher toutes sortes de choses, y compris, surtout, la carbonatation Périer, Possoz et Cail; 2° que rien, sauf l'outillage, *peut-être*, n'appartient, dans ce système, à ses prétendus auteurs, et que la fabrication doit être très-prudente dans les transactions qu'elle aurait à faire au sujet de ces sortes de spéculations.

Procédé Kessler. — Les tables de macération de M. Kessler

ayant été destinées surtout aux exploitations agricoles, il n'y a pas à s'en occuper à propos de la fabrication industrielle. Nous en renvoyons donc l'appréciation à l'étude de la sucrerie en ferme. Nous pouvons dire cependant, dès maintenant, que si la méthode chimique de M. Kessler n'a rien de sérieux, son système de lévigation en vaut un autre, pourvu qu'il soit convenablement exécuté.

Procédé de l'auteur. — Notre méthode de macération a eu pour but l'industrie agricole. Pour nous, la sucrerie n'est pas autre chose qu'une industrie de ferme. Nos procédés et nos appareils de macération, intermittente ou continue, seront donc étudiés plus tard, lorsque nous aurons à examiner les conditions de la fabrication du sucre en ferme. Nous ne songeons pas à imposer notre système ou nos idées; nous les exposerons franchement. Voilà tout. Les adoptera qui voudra. Nous ne croyons pas que notre méthode soit le *dernier mot du progrès*, mais nous sommes certain qu'elle est exacte, que les données connues et les données nouvelles qu'elle renferme concourent à un but désirable dont nous formulons les principales circonstances.

1° Épuisement rapide, dû à l'amortissement de la matière par une température très-approchée de $+100°$;

2° Enrichissement des pulpes en matière alimentaire azotée et purification presque complète du jus dans la macération même, par l'emploi méthodique des astringents;

3° Emploi de la chaux réduite à son minimum; suppression de la saturation et du noir;

4° Neutralisation des alcalis par voie de transformation.

Nous ajoutons, pour que ce programme soit complet, que la *macération continue*, par le *minimum d'eau*, avec *retour des liquides d'épuisement* et un *assèchement suffisant des pulpes*, par des moyens mécaniques convenables et économiques, permet d'accomplir, d'une manière automatique, les conditions qui viennent d'être exposées, avec des dépenses moins considérables que par tout autre système connu actuellement.

Procédés mixtes pour l'épuisement des pulpes. — On comprend que l'immersion des pulpes pressées dans l'eau, ou, même, que celle des sacs, avant une seconde pres-

sion, constitue une sorte de procédé mixte, dans lequel la pression est combinée à une espèce de lévigation. Mais cette pratique informe n'atteint le but que d'une manière très-imparfaite. Deux procédés méthodiques ont été proposés, l'un par Walkhoff, l'autre par nous, et nous les décrivons succinctement.

Procédé mixte de Walkhoff pour l'épuisement des pulpes pressées. — Parmi les spécialistes allemands qui se sont occupés de sucrerie, Walkhoff tient le premier rang, à nos yeux, tant par la justesse habituelle de ses appréciations que par des qualités très-réelles de praticien et d'écrivain, qu'on est loin de rencontrer ailleurs au même degré. Son livre, plein de faits instructifs, offre ce rare mérite, à peu près inconnu à certains compétiteurs, que l'auteur cite les sources où il puise lorsqu'il n'est pas original, et nous professons, pour cet ouvrage, la plus sérieuse estime. Nous n'en dirions certes pas autant d'autres publications dont les auteurs se sont contentés d'emprunter son travail, de recourir à ses compilations ou à ses opinions personnelles, sans indiquer, d'une manière suffisamment précise, l'endroit où ils ont puisé leur science...

Sans chercher à constituer un procédé d'ensemble, que ses connaissances théoriques et pratiques lui auraient rendu très-abordable, Walkhoff s'est contenté de tourner son attention vers un point capital, qui appelle tous les soins de la fabrication. Nous voulons parler de l'épuisement des pulpes de pression. Les appareils qu'il emploie ne sont pas nouveaux; ils étaient déjà connus en sucrerie, au moins pour ce qui les constitue essentiellement ; mais, il a su les améliorer et les approprier à sa méthode d'une manière parfaite.

Notre auteur trouve que l'extraction du jus, par la presse, les turbines ou la macération, laisse beaucoup à désirer. Il reproche aux presses de ne fournir qu'un rendement de 80 à 82 0/0 de jus, quand on n'ajoute pas d'eau à la râpe et, dans ce cas même, de ne pas dépasser 85 0/0, en sorte que le résultat, en augmentation, couvre à peine les dépenses de la concentration. Tout cela est exact, à un point de vue général, et nous ne ferons aucune objection à ces prémisses, qui sont fort justes lorsqu'on les rapporte aux procédés d'extraction adoptés.

Walkhoff reproche aux turbines de demander une grande

intelligence de la part de l'ouvrier et d'être des instruments trop délicats. La macération, dans un *ensemble de cuves*, risque de subir un arrêt forcé, quand l'une des parties est dérangée, et elle demande beaucoup d'habileté et d'adresse de la part des ouvriers qui l'exécutent.

En partant de ces données, et considérant que les presses sont généralement employées en sucrerie, parce que chacune d'elles est un instrument indépendant, qui peut fonctionner ou s'arrêter sans que les autres en soient solidaires, on arrive à reprocher aux presses la faiblesse de leur rendement seulement et à rechercher les moyens d'épuiser complétement la pulpe[1]. Walkhoff, raisonnant dans ces idées, et se guidant par le fait que les presses hydrauliques sont employées dans toutes les fabriques, que le travail en est connu, dit qu'il convient de les utiliser, afin de n'avoir rien à rejeter de l'outillage courant. Il propose donc de presser d'abord les pulpes râpées par les presses ordinaires, puis, d'épuiser les tourteaux par la macération.

Mais, comme les tourteaux de presse sont assez rebelles à la pénétration par les liquides, et que l'opération demanderait trop de temps si on les laissait dans leur entier, il convient de les diviser, de les soumettre une seconde fois à l'action de la râpe ou, plutôt, de leur faire subir une désagrégation suffisante par un cardage.

Ces données, fort régulières, et parfaitement exactes dans le cas particulier où s'est placé l'inventeur, le conduisent à l'établissement d'une machine à diviser la pulpe et d'un appareil de macération ou de lévigation.

Il adopte, en principe, pour la division de la pulpe, l'appareil de MM. Pichon et Moyaux (p. 438), auquel il fait subir quelques modifications de détail, pour l'approprier au travail qu'il a en vue d'exécuter, et il obtient une sorte de *loup à carder* représenté par la figure 144, ci-contre.

A est le tambour de la cardeuse; il est muni de pointes en fer, dont le rôle diviseur se comprend parfaitement. Le petit tambour d'alimentation B est garni de lames plus longues qui commencent la division des gâteaux. En D se trouvent des saillies

1. Il convient de ne pas perdre de vue le prix élevé de l'installation d'un nombre de presses suffisant...

ou des dents, entre lesquelles passent les pointes de A, de manière à atteindre les plus petits morceaux de pulpe. Enfin, une glissière *c* permet de retirer les corps étrangers qui pourraient s'introduire accidentellement dans l'appareil. Le mouvement

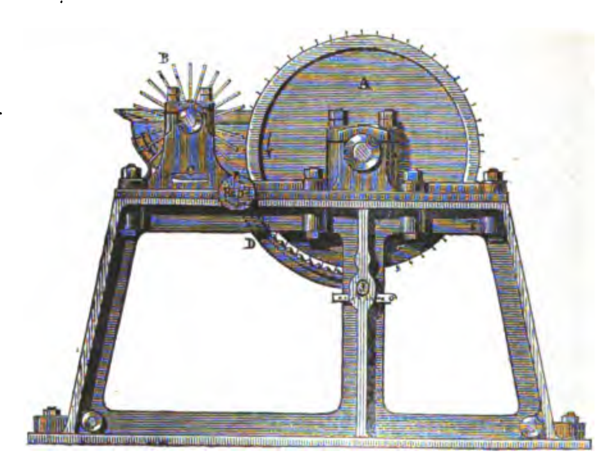


Fig. 144.

est réglé entre 450 et 600 tours par minute, et il n'exige qu'un cheval et demi de force. Le travail est très-simple. On jette les gâteaux dans la trémie, où ils sont saisis et divisés grossièrement par le tambour B. A s'empare de la matière et en achève la désagrégation. La pulpe est reçue dans des seaux et portée à l'appareil de déplacement. L'opération est continue.

L'appareil de déplacement est représenté par la figure 145.

Cet instrument n'est, en réalité, autre chose que le filtre-presse du comte Réal, essayé par Baudrimont, ou l'instrument reproduit par Moreau-Darluc.

C'est un vase métallique, clos par un couvercle à écrous *ll*. Il repose, par deux tourillons *rr*, sur les supports *aa*. Comme l'axe *rr* est creux et réuni par un presse-étoupe au tube *bb*, on comprend que l'on puisse le faire tourner et basculer sur les supports, dans toutes les positions, sans interrompre l'arrivée de l'eau, qui dépend du robinet *n*. Le tube *bb* est soutenu par un contrefort *t*. Le robinet *n* sert à l'introduction de l'eau qui est alimentée par un réservoir supérieur.

Nous prenons note d'une observation de Walkhoff, qui dit

que ce réservoir peut être élevé plus ou moins, de 4 à 30 pieds (1 à 10 mètres environ) sans que le résultat soit sensiblement modifié[1]. Il ressort de cette observation que le travail consiste dans une simple lévigation. Cette eau passe par l'intérieur du tube *o*, débouche dans le vase lévigateur par les orifices du serpentin, percé de trous, qui le termine, et s'élève graduellement dans la matière pour sortir par le haut. La pulpe est maintenue en haut par un couvercle en tôle perforée. On fait recueillir le produit tout le temps qu'il a une densité suffisante. L'eau d'épuisement s'écoule par *m*. On comprend que l'on puisse réunir facilement une batterie de ces presses-filtres, comme les appelle l'auteur, et que, par un tube *p* à robinet, on puisse conduire le liquide d'un appareil vers un autre, de manière à économiser l'eau et à augmenter la densité.

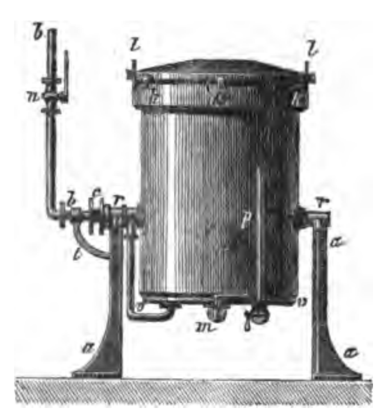


Fig. 145.

Nous dirons que l'idée même de Walkhoff nous semble bonne, et que cette conception repose sur des bases rationnelles. Il y a cependant une observation à faire sur l'introduction de l'eau, dont la direction est opposée aux lois de la physique. Le liquide lévigateur, entrant par le bas, constitue une faute. En entrant par le haut, il se charge de matières solubles, a tendance à descendre, et peut aisément être réglé, quant à la den-

1. Das Reservoir kann 4 bis 30' über den Filter-pressen stehen, ohne den Effect wesentlich zu beeinflussen (p. 859).

sité, ce qui n'a pas lieu dans la marche adoptée par Walkhoff. Il a dû être conduit à cette irrégularité par les nécessités inhérentes à la vidange.

Quoi qu'il en soit, notre auteur déclare que la durée du déplacement n'est que de 20 minutes. Lorsque le liquide sort à 0° en haut de l'appareil, on arrête l'arrivée d'eau en *b*, on ouvre *m* pour vider l'eau excédante, on desserre le couvercle *ll*, on enlève la toile métallique et l'on fait basculer l'appareil. La pulpe est reçue sur un wagon et expulsée. On redresse l'appareil, on le nettoie sommairement, et l'on procède à une autre opération.

L'auteur estime que le diamètre des cylindres ne doit pas dépasser 0,70, que la colonne d'eau doit être de 4 à 5 mètres : enfin, que la température ne doit pas dépasser + 28° à + 30°. Cette dernière observation se comprend très-bien en présence de la crainte fort légitime de voir les matières pectiques subir un commencement d'altération.

Des données numériques d'un tableau de Walkhoff, relatif à la valeur du travail par sa méthode, on déduit cette conséquence que, en trente minutes, 100 kilogrammes de pulpe restituent 20^{k},42 de jus à 2° 75 B, représentant 8,47 de jus normal à 7° 5 B. Comme la pression préalable avait donné 84 de jus pour cent, il en résulte que le rendement total en jus s'élève à 92,47 pour cent par la méthode de l'inventeur, ce qui nous paraît fort satisfaisant.

Sans entrer dans les explicatiens personnelles fournies par Walkhoff au sujet de cette méthode, nous pensons qu'elle est très-acceptable, très-économique et très-utile. Nous sommes donc loin de reprocher à l'auteur d'en avoir parlé et d'en avoir exposé les avantages. Un écrivain honnête, qui ne cherche pas à tromper, ne peut être blâmé d'indiquer une bonne chose, un bon appareil, un bon procédé, parce que cette chose, cet appareil, ce procédé lui appartient. Il serait coupable de ne pas le faire. Faut-il, pour plaire à certains *délicats*, dont le talent consiste à prendre, qu'il attende d'être dépouillé par eux? Non, certes, et nous ne blâmerons jamais un spécialiste de proposer ses ressources, ses moyens, ses procédés, ses instruments, lorsqu'il le fait avec franchise et loyauté, lorsqu'il ne présente pas la propriété d'autrui comme sienne, ainsi que nous le voyons faire tous les jours par des spéculateurs de tout

acabit, qui sont les premiers à la curée et les derniers à la lutte.

Walkhoff a dit simplement : J'ai remarqué telle difficulté, tel mauvais résultat ; je propose tel moyen d'y remédier. Il expose ce qu'il croit être la valeur de son moyen, et il ne va pas au delà.

Que les *faiseurs* de la sucrerie sachent imiter cette manière d'agir, qu'ils sachent ne plus mentir, ne plus s'emparer des dépouilles d'autrui, ne plus vendre au public ce qui lui appartient, et tout n'en vaudra que mieux.

La première idée de Walkhoff présentait, à côté de choses très-pratiques, deux inconvénients notables. La pulpe n'allait pas à l'encontre de l'eau de lévigation, comme nous l'avons fait observer, et la main-d'œuvre était encore trop coûteuse, par suite de la non-continuité de l'action. Pour obvier à cela, il établit l'appareil continu dont la figure 146 donne l'idée. Ici en-

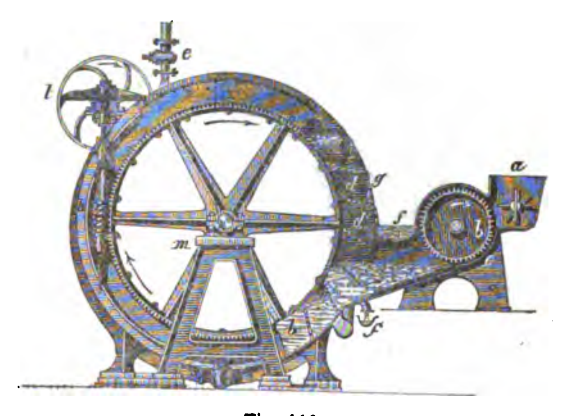


Fig. 146.

core, la roue à palettes était une création ancienne ; mais l'inventeur sut en faire une machine nouvelle par l'annexion du tambour cardeur et par une transmission de mouvement plus rationnelle et mieux calculée.

Cet appareil nous paraît être d'origine française, bien que les transformations qu'il a subies en fassent la propriété de l'inventeur allemand, en ce qui concerne la forme qu'il lui a donnée et l'application spéciale qu'il en a faite. L'usage en est très-rationnel, et nous le préférons de beaucoup à la machine

représentée par la figure 147, qui nous semble plus difficile à conduire, moins rationnelle et d'une solidité moins grande.

Des palettes concaves *dd*, adaptées à une chaîne sans fin, se meuvent dans un large siphon suivant le sens des flèches. Ces

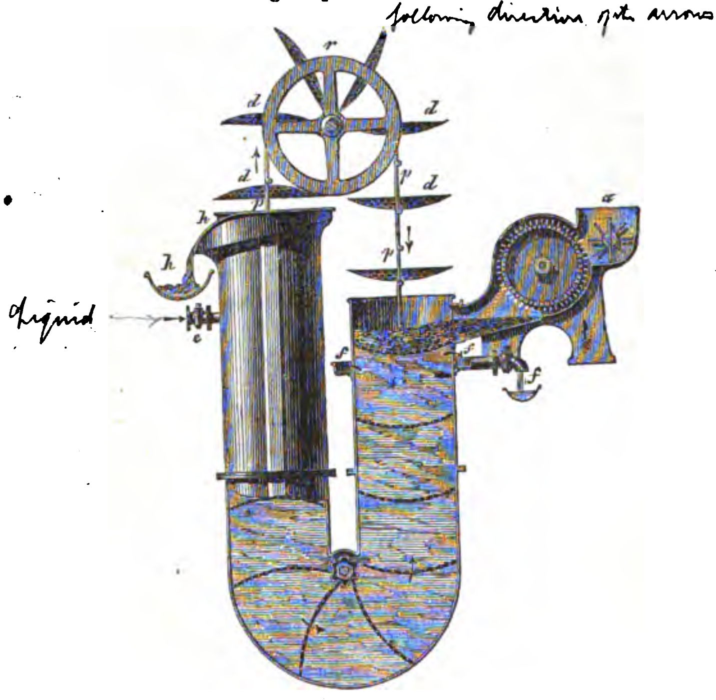


Fig. 147.

sortes de calottes sont perforées. La chaîne sans fin *pp* reçoit le mouvement de la roue *r*. Le liquide macérateur entre en *e*, dans le tube, et procède à l'encontre de la pulpe qui sort du *loup*, après être entrée en *a*. Chaque palette entraîne une certaine quantité de pulpe vers l'eau de lévigation, et la pulpe épuisée est déversée par le dégorgeoir *h* dans un caniveau incliné. Le liquide enrichi sort en *fff*.

A épuisement égal et à richesse égale du jus, nous aimons mieux ces deux derniers instruments que la première installation, par la raison que, ici, il n'y a plus qu'une main-d'œuvre insignifiante et que l'opération est continue.

On doit encore à Walkhoff différentes améliorations des ap-

pareils d'évaporation et de cuite, que nous conseillons aux fabricants d'étudier dans son ouvrage[1].

Appareil de l'auteur, pour l'épuisement des pulpes pressées. — L'appareil que nous avons construit pour la macération des pulpes, et qui est une hélice rappelant celle du lévigateur de Pelletan, sert très-bien à l'épuisement méthodique des pulpes pressées. En effet, dans cette machine, la pulpe, allant à la rencontre du liquide macérateur, est parfaitement lévigée par 20 à 25 tours de spire, renfermés dans une seule case ou dans une sorte de gaîne continue. Il suffit de 150 à 200 kil. d'eau par 1,000 kil. de pulpe pour obtenir un très-bon épuisement dont le principal mérite est d'être continu et presque complet. Nous préférons, cependant, pour cet usage, c'est-à-dire pour l'épuisement des pulpes déjà pressées, l'appareil représenté par la figure 148, qui s'applique surtout à la macération des cossettes et dont la trémie a été modifiée dans le but spécial qui nous occupe.



Fig. 148.

Cette trémie A renferme trois cylindres diviseurs, portant des cames assez prononcées, de 2 à 3 centimètres de saillie. La pulpe sortant des presses est jetée dans la trémie, et les cylindres la triturent sans qu'on ait à s'en occuper, de façon à la rendre facilement perméable au liquide macérateur.

L'organe B, dans lequel tombe cette pulpe divisée, est une modification avantageuse du tambour de Klusemann (fig. 69),

1. Il a été publié en français une traduction du *Rübenzucker-fabrikant* de Walkhoff, que les fabricants, peu familiarisés avec la langue allemande, peuvent lire avec fruit, et que nous regardons comme un service rendu à la sucrerie, malgré quelques inexactitudes de détail.

au moins dans l'idée principale qui a servi de base à cet appareil. On sait que le fond du tambour est partagé en compartiments par des cloisons verticales, que, dans chacun de ces compartiments, des palettes flexibles, mues par un axe, prennent le noir pour le faire passer dans le compartiment suivant, à la rencontre de l'eau de lavage. Cette machine est la plus rationnelle qui existe pour le lavage du noir et, au fond, elle n'est autre chose qu'un accouplement de vases macérateurs disposés en gradins. Or, le défaut matériel de cette disposition consiste en ce que les parois des cases sont rectilignes, et qu'elles forment des espaces angulaires dans lesquels il s'amoncelle de la matière qui n'est pas soumise au mouvement général. Les palettes ne sont pas assez solidement établies.

Nous avons substitué aux cases à parois verticales des demi-cylindres de diamètre et de longueur variables, selon la quantité des matières à traiter. Le nombre de ces demi-cylindres peut s'élever jusqu'à huit ou dix, mais l'expérience nous a appris qu'il ne doit pas être moindre de sept. Dans chaque case, un arbre, dont l'axe est dans le sens de la longueur du cylindre, et monté un peu excentriquement vers C, fait mouvoir deux, trois ou quatre séries de palettes disposées en hélice sur des plans parallèles à l'axe. Ces arbres sont mus lentement, à l'aide d'une vis sans fin et d'un engrenage, de manière à forcer la matière à un séjour suffisant dans chaque case. La durée de ce séjour, *pour la pulpe pressée*, est de trois minutes environ, ce qui donne une durée de macération égale à 21 minutes pour un appareil à sept cases. Au niveau de la case la plus élevée, le liquide de macération entre dans la machine et va à la rencontre de la pulpe. Celle-ci, après avoir parcouru les cases, de la première à la dernière, tombe en C, par le dégorgeoir *i*, sur la toile d'une presse sans fin. La pulpe est comprimée entre les rouleaux de cette presse, et le liquide pauvre qui en provient rentre dans l'appareil au niveau de la case 5, en sorte qu'il sert, en grande partie, de liquide macérateur.

Le liquide, en s'enrichissant successivement, arrive au bas de l'instrument et pénètre en D par une surface filtrante intermédiaire, qui arrête les pulpes folles au passage.

Le liquide macérateur provient d'un vase supérieur; l'écoulement en est réglé par un robinet à index, et il consiste essentiellement en une solution de tan, dosée selon les quantités à traiter

par heure. Enfin, les espaces entre les cylindres sont chauffés par un jet de vapeur, et les vidanges nécessaires sont établies pour enlever les liquides restant dans les cylindres après une opération.

Le travail mécanique se comprend facilement. Le mouvement étant donné à la machine, un ouvrier jette la pulpe dans la trémie, après qu'on a introduit le liquide dans les demi-cylindres et qu'on a ouvert l'entrée de vapeur et le retour de condensation. On arrête l'arrivée du liquide à la mise en train, jusqu'au moment où la matière arrive en C. On rétablit alors l'entrée de ce liquide dans la proportion prévue et dont il va être question, et l'opération marche d'une manière continue. Il suffit de deux hommes pour tout le travail.

La quantité de liquide se règle aisément.

Les 1,000 kil. de pulpe, provenant de la presse, renferment 200 kil. de matière solide et 800 kil. de jus. Si l'écoulement du liquide, à la mise en train, est tel, qu'il en arrive 800 kil. pendant que 1,000 kil. de pulpe pénètrent dans l'instrument, on se trouvera dans les conditions normales de la macération ordinaire, et la pulpe qui sort en C est formée, en moyenne, de 20 de matière solide et 80 de jus faible. Or, la pression extrait de cette pulpe lévigée au moins 70 0/0 de liquide qui retourne au lévigateur. La pulpe résidu est formée de 20 de matière solide et 10 de jus faible, en sorte que, l'opération étant en marche, il rentrera dans la troisième case 700 kil. de liquide par 1,000 kil. de pulpe traitée. Il faudra donc introduire dans la dernière case 100 kil. de solution tannique pendant le temps employé à l'entrée de 1,000 k. de pulpe, et la quantité du liquide macérateur se trouvera ainsi réduite au minimum par l'utilisation des liquides faibles de la pression.

La densité du jus obtenu en D est, à très-peu près, celle du jus normal, et l'on obtient 800 kil. de jus, très-peu atténué, pour 1,000 kil. de pulpe traitée. Comme l'action est parfaitement certaine, qu'elle n'exige qu'une main-d'œuvre insignifiante et que l'appareil est d'un prix assez faible, on peut en apprécier l'utilité par ce seul fait que, sur 100,000 kil. de betteraves, on retire de 15,000 à 16,000 kil. de jus excédant, et que cette quantité serait totalement perdue par la pression ordinaire.

Le dispositif de cet instrument, emprunté à notre outillage

de sucrerie agricole par une simple transformation de la trémie d'alimentation, remplit exactement les conditions nécessaires pour un bon épuisement, et l'on n'obtient pas les pulpes avec autant d'excès d'eau que par les autres systèmes.

Procédé Maumené. — Il convient de ranger ce procédé parmi ceux qui sont relatifs à l'extraction du jus. Il consiste à extraire le jus aussitôt après la récolte des racines et à le traiter, à froid, par une proportion de chaux qui varie de 30 à 50 millièmes. Le jus, ainsi chaulé, est conservé dans des réservoirs ou des citernes jusqu'à la fabrication, que l'on peut retarder de six mois, selon l'inventeur. Lorsqu'il s'agit de procéder à l'extraction du sucre, il suffit de soumettre ce jus à l'action du gaz acide carbonique pour le débarrasser de la chaux et obtenir une liqueur très-peu colorée et très-facile à travailler.

Les avantages résultant de ce procédé consisteraient dans la possibilité de faire durer la fabrication beaucoup plus longtemps, et cependant de soustraire les matières saccharines aux altérations trop fréquentes qu'elles subissent après un certain temps. Au lieu de conserver des cossettes sèches, on conserverait du jus chaulé, extrait de racines fraîches et saines, n'ayant encore éprouvé aucune fermentation et présentant le maximum de richesse saccharine relative.

En dehors des observations à faire sur la partie chimique de ce procédé, nous devons dire que nous le considérons comme peu favorable aux intérêts agricoles par suite de la nécessité, où l'on serait placé, de conserver la pulpe beaucoup plus longtemps et de faire consommer au bétail une nourriture de qualité très-inférieure. M. Maumené semble avoir oublié qu'en matière d'industrie agricole, c'est l'intérêt du champ producteur qui doit être le guide constant de toutes les recherches, et son procédé est de ceux dont la tendance serait d'industrialiser encore davantage la sucrerie. Il ne s'agit plus que d'une chose, acheter beaucoup de betteraves, extraire beaucoup de jus, avoir de grandes citernes pour le conserver et le traiter quand on est prêt, sans se soucier de la question des pulpes, qui deviendront ce qu'elles pourront, ni de la prospérité du bétail, qui mangera ces matières nuisibles.

Ce n'est plus là de l'industrie agricole, c'est de la manufacture, et nous estimons que le vieux mode de diviser les racines

et d'en extraire le jus à mesure est préférable, parce que les pulpes résidus ont moins d'altérations à craindre. A nos yeux, la pulpe est l'essentiel en sucrerie; le sucre est l'accessoire, le produit secondaire, dont la valeur est telle que la viande peut se produire pour rien. La question est absolument la même que pour l'alcoolisalion de la betterave.

M. Maumené ne se place pas, évidemment, au même point de vue. Sous le rapport industriel, auquel son procédé semble se rattacher davantage, cette méthode mérite attention, car les effets en sont presque rigoureusement exacts. L'expérience manufacturière n'a pas cependant encore décidé la question.

Stammer a prétendu que le sucre disparaît peu à peu de ces jus, chaulés à 3 ou 5 0/0, sous forme de combinaison calcaire inattaquable par l'acide carbonique.

Cette allégation ne nous paraît pas assez justifiée pour qu'on ait à l'adopter tout d'abord, car Stammer ne donne aucune preuve de l'existence de ce composé saccharocalcique rebelle à l'acide carbonique. Nous n'accordons pas, en conséquence, à cette assertion gratuite une attention qu'elle ne peut mériter. La méthode de M. Maumené dénote un grand esprit d'observation et beaucoup de soins; elle est, d'ailleurs, exacte, quant aux résultats prévus. Dans aucun cas, il ne peut être nécessaire de conserver les jus pendant plus d'une année. Or, nous avons constaté que des jus de betterave, de carotte et de sorgho, traités selon les indications du procédé Maumené, se sont conservés, *sans altération et sans perte de sucre*, pendant plus d'un an, ce qui est très-suffisant pour justifier les affirmations de l'auteur.

Nous ne faisons donc contre le procédé de M. Maumené que deux objections : l'une, dont il a été parlé, relative à la condition des pulpes; l'autre, basée sur la nécessité d'établir, à grands frais, de grandes citernes, pour la conservation, *à l'abri de l'air*, des jus fortement chaulés. Cette seconde objection ne nous semble pas de nature à arrêter la fabrication industrielle. Quant à la première, elle tomberait d'elle-même, si l'on trouvait un moyen pratique de conservation des pulpes. La dessiccation des tourteaux, à l'aide des chaleurs perdues, fournirait le meilleur procédé que l'on pût suivre, et nous avons vu que des pulpes desséchées peuvent se conserver indéfiniment en galettes sèches, qu'il est très-facile d'humecter au degré con-

venable au moment de l'emploi, et dont le bétail se trouve fort bien. Nous pensons donc que le travail de M. Maumené mérite une attention d'autant plus grande qu'il émane d'un observateur scrupuleux et qu'il n'a pas été puisé, comme celui de tant de bruyants inventeurs, dans le domaine public. La sucrerie doit de la reconnaissance à tous les chercheurs sérieux qui ont pris pour but de leurs efforts le perfectionnement industriel de ses procédés, et M. Maumené est du nombre de ces hommes utiles.

Procédé Champonnois. — Nous sommes loin de condamner l'activité fébrile de M. Champonnois. Il arrive fort souvent, en industrie, que des pratiques avantageuses prennent naissance dans des erreurs flagrantes, à la suite des discussions et des vérifications auxquelles ces erreurs donnent lieu. C'est ainsi que, en somme, le plagiat du procédé Barruel par les frères Rousseau a ramené les esprits vers une excellente méthode d'élimination de la chaux, négligée depuis longtemps par la pratique. De même encore, le procédé Champonnois, relatif à la distillerie agricole, procédé composé de toutes sortes de choses d'emprunt, a rendu des services très-réels, d'abord, par la simplicité de sa pratique, ensuite, parce qu'il a conduit les hommes spéciaux à étudier de plus près les questions soulevées par cette méthode et qui demandaient un examen plus approfondi, une science plus réelle, et des efforts plus intelligents vers la recherche du vrai.

Nous trouvons que le procédé dont nous allons parler est basé sur de simples hypothèses, qu'il n'est rien autre chose qu'un mirage et n'aboutit qu'à des promesses de prospectus; mais, au moins, il aura eu cet avantage de forcer des hommes réfléchis et instruits à s'occuper d'une bizarre proposition à laquelle le bon sens ne leur aurait pas permis, sans cela, de s'arrêter, et qui risque, par la loi commune, de faire d'autant plus de prosélytes qu'elle est moins rationnelle.

M. Champonnois agit comme on le fait en fabrication ordinaire, pour une première opération de mise en train, jusqu'à ce qu'il ait obtenu des sirops verts de premier égout. Il fait alors rentrer ce sirop de premier égout dans le travail et dans un rapport tel, que le sirop, venant de 1,000 kil. de racines, soit réuni à 1,000 kil. de pulpe. On presse, on traite ce jus

mixte et l'on continue à joindre à la pulpe une quantité de sirop correspondante. M. Champonnois s'écrie, dans sa joie, qu'il a supprimé la mélasse, que les pulpes sont améliorées par l'absorption des sels du sirop, lequel a lieu par un effet d'endosmose, que les cristallisations se font aussi bien que par les autres méthodes, et la sucrerie compte un sauveur de plus. Nous ne craignons pas de blesser la modestie de l'inventeur, en disant que le succès oblige et que, après avoir tiré bon parti de la distillation agricole, lorsqu'on a présenté à la sucrerie une bonne râpe, un bon coupe-racines, une presse continue très-acceptable, il conviendrait de réfléchir à ce qu'on propose, et de vérifier, par l'expérimentation technologique, les données sur lesquelles on prétend établir une méthode.

Les intérêts d'autrui sont aussi précieux pour autrui que les intérêts d'un inventeur le sont pour lui-même, et les premiers ne doivent pas être sacrifiés aux seconds à la légère et sans protestation. En pareille matière, les précédents n'engagent à rien.

La pratique du procédé proposé est fort simple et de nature à séduire les esprits superficiels. On réduit à 1,040 de densité (5°,55 B) le sirop correspondant à 1,000 kil. de racines; on mêle cette solution à 1,000 kil. de pulpe chauffée à + 70° et l'on presse. L'opération se continue indéfiniment.

Il s'agit de chercher ce qu'il a de vrai dans cette idée. Déjà les expériences de Bodenbender, publiées en 1869, dans une revue allemande spéciale (*Zeitschrift*, février), ont démontré que le procédé de M. Champonnois repose sur une erreur d'observation, que la pulpe fraîche ou sèche n'absorbe pas une quantité appréciable de sels et que toutes ces belles promesses sont illusoires. Plusieurs autres personnes se sont occupées de ce procédé, et nous avons voulu également savoir à quoi nous en tenir et vérifier expérimentalement les dires de M. Champonnois.

Mille parties de pulpe pressée ont fourni 78 0/0 de jus normal, sans eau, et une seconde pression, après imbibition de la pulpe, a conduit le chiffre du jus normal à 86 0/0 en volume. Ce jus a été déféqué, saturé, filtré sur noir, concentré et cuit, par la méthode ordinaire. La masse cuite s'est élevée à 126 parties pondérales ou 12,6 0/0, et elle a fourni l'analyse :

Sucre	78,760
Eau	11,920
Potasse et soude	3,450
Sels de chaux	0,142
Substances organiques	5,738
	100,000

On a retiré de cette masse 66 0/0 de sucre brut bien cristallisé, et il est resté 42,84 ou 34 0/0 de sirop, composé de :

Sucre	13,799	17,445
Eau	11,500	14,491
Potasse et soude	3,050	3,813
Sels de chaux	0,125	0,157
Substances organiques	5,526	6,934
	34,000	42,840

Ces 42,84 parties de sirop ont été étendues d'eau et ramenées au volume de 292 par 5°,55 B., puis mélangées avec 1,000 parties de pulpe neuve, qui avait été portée exactement à + 70°. Après une heure de repos, la masse a été pressée, puis le résidu imbibé et pressé. Le résultat a été de 1,150 de jus normal en volume ou de 115 0/0 de la pulpe. Nous n'avons pas supposé que le procédé pût interdire l'épuisement des pulpes, ce qui serait absurde; la seconde pression a été faite après imbibition par 20 0/0 d'eau.

Le jus, traité comme il a été dit plus haut, a fourni 157 parties de masse cuite, en poids, et cette masse a fourni à l'analyse :

Sucre	76,210
Eau	11,570
Potasse et soude	5,127
Sels de chaux	0,217
Substances organiques	6,876
	100,000

La proportion des matières organiques avait moins augmenté que celle des alcalis, et le taux de sucre pour 100 de matière solide était tombé de 88 0/0 à 86 0/0; le rendement n'a été que de 58 en sucre brut cristallisé, après les mêmes précautions que pour la première opération.

En continuant ces expériences, on trouve que, à la huitième addition de sirop, on est dans l'impossibilité de faire cristalli-

ser le sucre et que les sirops se comportent absolument comme les reprises de troisième jet.

M. Champonnois s'est donc fait illusion et il a dû prendre un désir pour une réalité. Nous savons qu'il y a une objection à faire contre ces expériences et que le mauvais résultat dont nous parlons se ferait attendre jusqu'à la douzième expérience, si l'on se contentait d'une pression sans épuisement. A cela nous répondrons que, pour faire plaisir à un inventeur et caresser ses rêves, la fabrication ne peut consentir à perdre 1/6 du sucre dans les pulpes, que les procédés d'épuisement des pulpes, par double pression ou par macération, sont devenus une nécessité et que, même en consentant à cette perte, on se trouve encore, après un temps de travail très-court, en présence d'une quantité d'alcalis telle, que la cristallisation devient matériellement impossible.

Extraction par les sucrates. — Dans l'application pratique, on vient se heurter à une idée unique, à la transformation du sucre en sucrate de chaux, dont MM. Leplay, Rousseau, Périer et Possoz, Lair et d'autres encore, se sont occupés d'une manière plus ou moins sérieuse. Nous ne voulons pas ennuyer le lecteur par la description des procédés, prônés à l'avance, qui prennent tous leurs bases et leurs détails dans les notions de chimie générale relatives aux sucrates. Il n'y a pas de sucrates insolubles et inaltérables, au moins dans les conditions que l'on pourrait exiger pour en faire une bonne application industrielle. Le sucrate de plomb et le sucrate de baryte ne sont insolubles que dans certaines circonstances : ainsi, le premier est insoluble en présence de l'ammoniaque ; le second est insoluble dans une liqueur concentrée en présence d'un excès de baryte. On peut passer en revue tous les sucrates et s'assurer qu'ils ne sont réellement insolubles que dans les liqueurs alcooliques, dont le titre est au moins de 60° à 65° centésimaux.

Quant aux sucrates de chaux, on sait que le sucrate monobasique est soluble à froid et à chaud, que les sucrates sesquibasique et bibasique sont moins solubles à chaud qu'à froid, et l'on a essayé, sur cette donnée, d'arriver à isoler le sucre sous cette forme. Ce qui rend difficile l'application de cette idée, qui est fort loin d'être neuve et n'est pas même brevetable en principe, puisqu'elle remonte à bien des années déjà et qu'elle

a pris naissance dans les travaux de M. Péligot, c'est que le sucrate basique est soluble dans l'eau sucrée et même dans l'eau. On ne peut sursaturer le sucre *d'une manière certaine* par une proportion chimique de chaux, en sorte que le problème nous paraît fort loin d'être résolu par rapport au *traitement des jus*. Peut-être pourrait-on arriver à un résultat pour l'épuisement des résidus ou des mélasses, dont nous aurons à dire plus loin quelques mots; mais il nous semble que ces sortes de procédés doivent être réservés pour les sirops de deuxième jet ou pour les eaux mères de troisième jet, la fabrication n'ayant nul avantage à faire des sucrates pendant tout le temps qu'elle peut faire de la cristallisation.

Au moins croyons-nous que cette manière de voir est conforme à la vérité pratique.

Dans un travail remarquable sur les sucrates, M. Feltz ne nous paraît pas avoir acquis la croyance bien ferme au succès définitif, malgré l'étude attentive de la plupart des procédés. Pour nous, après des études très-suivies, nous avouons que nous n'avons rencontré que des déceptions dans l'examen de tous les procédés relatifs à cet objet.

L'obtention *facile et économique* d'une *combinaison insoluble du sucre avec une base* serait certainement le plus grand progrès que l'on puisse faire en sucrerie; nous en convenons volontiers, et nous ajoutons que cette idée a dû frapper l'esprit d'un grand nombre de chercheurs, qu'elle est naturelle et logique; mais que nous n'avons pu, jusqu'à présent, en constater la réalisation.

Faire une pâte ferme avec du sirop et du sucre, agir avec la vapeur à + 130° sur une solution saturée, et ajouter de la chaux, sous forme de chlorure, qui se décompose en présence d'un excès d'alcali, tout cela, joint à dix autres modes de faire, ne constitue pas la préparation normale et régulière d'un sucrate de chaux insoluble. Toutes les fois que l'on veut laver un sucrate de chaux à l'eau, on constate que les eaux de lavage dissolvent du sucrate... Le seul menstrue qui puisse servir au lavage de ces produits est l'alcool à 60°, et il ne semble pas que le travail puisse être économique dans ces conditions.

Méthode Linard. — Nous ne devons pas terminer ce paragraphe, relatif à l'extraction du jus de betterave, sans parler

d'une idée qui a pris naissance, comme de raison, dans les ateliers de la maison Cail. Nous voulons parler de ce qu'on a appelé le *système Linard*, c'est-à-dire des *râperies* et du *transport des jus à distance*. L'auteur de cette idée, attaché au célèbre établissement de chaudronnerie, promettait des merveilles; nous doutons beaucoup cependant de la réalisation du programme présenté à l'industrie sucrière vers l'époque de l'Exposition (1867). Tous devaient trouver satisfaction dans cette affaire...

On pouvait désormais étendre la culture de la betterave dans des limites moins restreintes, le cultivateur n'avait plus de longs transports à exécuter, le fabricant de sucre ne traitait plus que des jus parfaits, dont une conservation trop prolongée ne pouvait plus altérer les qualités; en quelques semaines, on était débarrassé de l'extraction du jus, et l'on pouvait appliquer au jus toutes les méthodes de conservation, de purification, etc., jugées convenables. Le traitement par un excès de chaux arrivait à point nommé dans la combinaison pour la conservation des jus en citernes; on pouvait encore déféquer, saturer et concentrer, puis réserver les sirops à 27° B. pour les traiter à la commodité et à l'heure la plus avantageuse. Pour contenter tout le monde, il ne fallait qu'une chose très-simple : Ne plus râper dans les sucreries ou ne râper que les betteraves obtenues dans le rayon le plus rapproché de la fabrique; établir, dans tous les centres de production, des *râperies* destinées à extraire le jus des betteraves produites dans les environs, puis expédier ce jus vers les sucreries proprement dites, à l'aide de conduits souterrains, après l'avoir chaulé, bien entendu.

Moyennant cela, l'inventeur était satisfait; il construisait des établissements de râperie et de pression; il fournissait des masses d'outillage coûteux; il construisait des canalisations et gagnait beaucoup d'argent; voilà ce que nous voyons de plus clair dans tout cela. Il ne nous semble pas, cependant, que les intérêts de M. Linard et ceux de quelques adhérents, cachés derrière le rideau, soient le but essentiel de la sucrerie, et nous nous permettrons de faire très-bon marché de ce côté de la question. La centralisation a bien ses petits mérites. L'unité de direction et d'organisation n'est pas à dédaigner, et s'il faut un peu de communauté, il n'en faut pas trop. En tout cas, ce n'est pas

ainsi qu'il faut la comprendre. Que les cultivateurs soient fatigués de faire la fortune des banquiers qui font du sucre, des courtiers qui établissent des fabriques et qui absorbent la plus grande partie des revenus du sol, nous sentons cela parfaitement. Mais s'il est avantageux d'établir une *sucrerie agricole* dans *chaque commune rurale*, si la décentralisation, ainsi comprise, peut conduire au maximum des résultats pour la nation et pour les producteurs agricoles, il ne peut en être de même d'un système bâtard, dans lequel les intérêts de l'industrialisme ont été seuls consultés. Dans le système Linard, ce n'est pas le cultivateur qui entre dans la sucrerie, c'est la sucrerie industrielle qui fait un effort pour accaparer la betterave, même dans les points réputés inaccessibles; c'est la tache d'huile qui s'étend; c'est la ruine du champ producteur pour le plus grand bénéfice du spéculateur et du vendeur de matériel.

A cet égard, nous prêchons donc la méfiance, par des raisons de patriotisme d'abord, et dans l'intérêt de la culture; par des raisons techniques ensuite, parce que le système Linard ne peut supporter un examen désintéressé. Que les fabriques immenses de certains industriels puissent se trouver parfaitement de faire venir à elles, dans un minimum de temps, le jus des betteraves de tout un canton, cela est très-possible; mais la prospérité de la sucrerie n'en est pas moins compromise par cette *conspiration du matériel.*

1° Les râperies payent-elles à la culture un prix plus élevé pour 1,000 kilogrammes de racines, de manière à la faire participer, sur place, aux bénéfices de l'opération? Non pas; au contraire. On profite de ce que les râperies suppriment certains transports pour payer moins. Donc, le cultivateur n'a pas intérêt à fournir aux râperies, et son intérêt vrai serait de ne pas vendre un kilogramme de betteraves à l'industrialisme, et d'extraire lui-même le sucre de ses racines, afin de réunir le bénéfice de la culture à celui de la râperie et de la sucrerie.

Comment les fabricants de sucre osent-ils se plaindre de leur situation, lorsqu'ils se plaisent à surcharger leur produit de frais inutiles? On aura beau dire : il faut payer la râperie et la canalisation, et l'inventeur et les chaudronniers : ce sont là des frais en sus, puisqu'on peut s'en passer et qu'on s'en passait. Ou le prix de revient est augmenté, ou le cultivateur est lésé. On ne peut sortir de ce dilemme.

2° Non-seulement le cultivateur n'a qu'à perdre aux râperies, sous le rapport argent, mais encore la valeur des pulpes est considérablement réduite. Lorsque les racines sont divisées au fur et à mesure du travail, on peut procurer au bétail une nourriture saine, depuis la fin de septembre jusqu'à la fin de janvier, par la pulpe fraîche du travail courant, et jusqu'au milieu de mai par la pulpe conservée. La racine *restée entière* ne subit pas d'altérations notables au point de vue nutrimentaire. Il n'en est pas de même de la racine divisée, de la pulpe, que l'on ne peut conserver économiquement plus de quatre mois. Or, le travail se finissant dans les râperies vers les derniers jours d'octobre, et la pulpe ne se conservant saine que jusqu'en février, on perd deux mois et demi à ce compte, et ces deux mois et demi coïncident justement avec l'époque de l'année où les ressources sont moindres pour la nourriture du bétail.

3° Les jus s'altèrent dans le trajet de la râperie à la sucrerie. Les négations ne prouvent rien contre les faits, et tous les sucres de cette provenance se font remarquer par la présence du glucose. Lorsqu'on *lave* les sucres, cette manœuvre n'empêche pas que les sirops dénoncent le glucose par leur coloration rouge brun et par l'examen saccharimétrique. On ne peut répondre de la propreté des canaux de transmission. Le chaulage n'est pas un moyen de purification qui soit suffisant, puisque, au contraire, il favorise les dégénérescences visqueuse et lactique. Il n'aurait de valeur que s'il était pratiqué suivant les conditions du procédé Maumené...

Le seul moyen de conjurer l'altération des jus transportés à distance consisterait à les concentrer où à les amener à 27° B. après une purification préalable. Mais alors la râperie cesse d'exister pour redevenir la sucrerie, et ce n'est vraiment pas la peine de scinder encore une industrie, déjà trop divisée, pour faire, sur un point, l'extraction, la purification et la concentration du jus; sur l'autre, un complément de purification et la cuite.

En résumé, nous ne pouvons voir une amélioration dans la bizarrerie dont nous parlons, et tous les fabricants désintéressés, rattachés à l'avenir agricole par quelques liens appréciables, partageront cette opinion à l'égard de ce procédé. Ce n'est là qu'une manière d'accaparer la production du sol, sans

résultat pour l'industrie sucrière, pour la satisfaction de quelques intérêts particuliers.

III. — PROCÉDÉS RELATIFS A LA PURIFICATION DU JUS.

Nous avons indiqué sommairement la valeur des principaux agents chimiques proposés pour la purification du jus (p. 125), et nous croyons devoir compléter ce qui a été exposé en ajoutant quelques détails sur divers procédés particuliers dont le public a été entretenu en différentes occasions.

Il n'y a rien de bien neuf dans tout ce qui va être l'objet de cet examen sommaire, et nous engageons vivement le lecteur à ne pas trop se soucier des entraves que certaines individualités veulent jeter en travers de l'industrie sucrière dans le seul but de s'en faire une branche de revenus ou de fortune. Il ne s'agit pas de craindre les menaces de procès, ni d'attacher une importance quelconque à des prétentions non justifiées. Il s'agit de savoir. Or, à l'heure présente, nous ne connaissons pas un seul procédé, parmi tous ceux qui sont ou qui ont été le plus vantés *en sucrerie*, qui soit une nouveauté réelle. Tout ce qui appartient à nos *inventeurs* consiste, lorsque toutefois ils ont inventé quelque chose, dans un mode d'application, plus ou moins personnel, de principes connus ou de données connues, à une des phases de la fabrication. Qui donc empêche le fabricant d'en faire autant pour son propre compte? Il n'y a pas de loi qui s'oppose à ce qu'il devienne aussi un inventeur; la chose, vue sous cet angle, n'est pas bien difficile. Croit-on, par exemple, que le procédé Périer, Possoz et Cail soit un obstacle à craindre, lorsqu'on veut pratiquer l'emploi de la chaux par fractionnement? C'est une erreur. Ce procédé n'appartient pas à ses titulaires; il est du domaine public, malgré tous les brevets du monde. En dehors de ce fait, que la carbonatation est de propriété commune, on sait que Michaëlis a conseillé le *fractionnement* bien avant l'invention de la *participation;* on sait que le procédé Périer, Possoz, etc., n'est qu'une *participation* dans la propriété de tous... Au point de vue de la conscience, on peut être tranquille. Restent les prétentions. Du moment où l'on peut chauler et carbonater en plusieurs fois, on n'a qu'à éviter l'outillage Cail pour leur échapper.

Il en est de même de beaucoup d'autres choses du même

genre, au sujet desquelles nous nous proposons d'édifier le lecteur. Les droits d'une industrie ne peuvent être abandonnés sans défense au premier venu qui éprouve le besoin de lui demander de l'argent. Il n'est que juste et loyal de payer largement un service rendu, une découverte faite, un procédé utile; mais il est absurde de payer ce qui est à soi. La fabrication devra se rappeler les sommes qu'elle a versées pour se servir du procédé Barruel, lequel lui appartenait en toute propriété, *depuis trente-sept ans*, lorsqu'un pharmacien de Paris lui en présenta la reproduction fidèle. Ce trait d'histoire est à méditer...

Procédés de défécation. — La manie des inventeurs a été poussée si loin dans les choses de la sucrerie qu'ils ont voulu empêcher la fabrication d'employer la chaux dans la défécation, suivant tel ou tel mode, à telle ou telle dose et, pendant un certain temps, la sucrerie a risqué de rencontrer à chaque pas le *veto* de quelque brevet d'une valeur plus ou moins contestable. On commence à voir la vérité à travers toutes ces manœuvres, dont les unes sont tout simplement des non-sens industriels et dont les autres ne présentent aucun caractère de propriété et d'invention.

Il semble que l'intérêt de la sucrerie exige une analyse impartiale des faits relatifs à cet ordre d'idées, et nous exposons rapidement les données sur lesquelles on peut baser une opinion exacte.

Défécation simple. — C'est la méthode ancienne. Elle consiste à porter les jus à une température suffisante pour la coagulation de l'albumine et inférieure au bouillon, à introduire dans la liqueur une dose de chaux en lait, variable selon la nature des racines, à porter au bouillon, à laisser reposer et à décanter le liquide clair.

On conçoit que les inventeurs ne pouvaient guère *prendre* ce procédé, qui est celui de toute la sucrerie, et qui remonte à l'origine de l'industrie sucrière. Ils ont cependant prétendu fixer le degré précis de la température du liquide, les uns à + 75°, d'autres à + 80°, à + 85°, à + 90°; la plupart se sont arrêtés entre + 80° et + 85°. Les auteurs du procédé dit de Périer et Possoz, ont été jusqu'à comprendre sous le nom de *basses températures*, tous les points de l'échelle entre 0° et

+ 85°, en sorte qu'ils auraient volontiers prohibé le chaulage des premiers fabricants, lequel se faisait vers + 75°... Ces puérilités ne représentent aucune valeur; car, si la fixation du degré de la température peut avoir une importance qu'on ne songe pas à contester, on sait que les anciens fabricants et les chimistes, qui se sont occupés les premiers de sucrerie, ont fixé la température de la liqueur, avant l'addition de la chaux, entre + 75° et + 85° et, en règle générale, avant le début de l'ébullition.

Défécation double. — Ce mode consisterait dans une répétition de l'opération précédente sur le jus clair ayant déjà subi un premier chaulage. Nous ne pensons pas que personne ait songé *sérieusement* à s'approprier cette répétition de la défécation, laquelle, par la force des choses, était nécessairement de propriété commune. On ne peut empêcher un fabricant de répéter, autant de fois qu'il le juge convenable, une opération qu'il a le droit de faire. Cela est de simple bon sens, et il n'y aurait pas lieu de s'y arrêter si nous ne devions voir, dans un instant, que cette pratique de *droit commun* a servi de base à certains agissements.

Défécation trouble. — Lorsqu'on ajoute un excès de chaux dans le jus, ce que l'on a parfaitement le droit de faire, ou lorsque l'on prolonge l'ébullition au delà du premier bouillon, il peut arriver que les écumes se disséminent dans la masse et que le dépôt ne se fasse que dans le fond de la chaudière. C'est une maladresse qui a dû très-probablement donner naissance à ce mode, dont on a fait la *défécation trouble*, et qui ne peut se pratiquer avantageusement dans aucun cas. En effet, bien que l'emploi des filtres-presses permette d'introduire dans les jus une proportion considérable de chaux, on doit reconnaître que la chaux en grand excès, mettant en liberté les alcalis d'une façon plus complète, une ébullition prolongée expose à la destruction d'une certaine quantité de sucre et à la coloration des sirops, par suite de l'action des alcalis sur le glucose. Il n'y a pas grand avantage à revendiquer cette faute à ceux qui voudraient s'en déclarer les propriétaires; mais, en principe, il est de toute évidence que ce mode est de domaine public et qu'il a été exécuté dès les premiers temps de la sucrerie.

Cet accident se présentait si fréquemment, il était tellement connu et on craignait tant de le reproduire, qu'il ne pouvait entrer dans l'esprit d'un homme sensé d'en faire la base d'un procédé industriel.

Nous verrons cependant tout à l'heure que cette défécation, jointe à la carbonatation, a servi à constituer une *méthode*, que cette méthode a trouvé des partisans, et que l'absurde même peut rencontrer des adhérents et des fanatiques en sucrerie.

Procédés divers pour l'élimination de la chaux. — Un des grands ennuis de l'ancienne sucrerie a été causé par l'emploi de la chaux. Tout en comprenant l'avantage de l'application de cette base à la purification des jus, on sentait la nécessité absolue de l'éliminer des liqueurs. Aussi, des procédés de toute espèce se firent-ils jour sur ce thème. Les uns employaient tel agent ou tel autre; quelques-uns ont breveté, d'un seul coup, presque toute la chimie. On a des exemples curieux de cette manie, devant laquelle on trouve encore des pusillanimes ou des naïfs qui tremblent et reculent. Il est vrai que les procès sont là, et que les discussions judiciaires sont des problèmes insondables.

Il ne suffit pas d'avoir raison, et nous nous souvenons d'un puissant chaudronnier qui se vantait de gagner tous ses procès... La raison de cet état de choses ne doit pas être attribuée à l'iniquité des juges. En France, on peut le dire hautement et en faire un titre de gloire nationale, la magistrature ne vend pas ses arrêts; elle rend la justice.

Mais si les juges sont d'une probité incontestable, si leur équité ne peut pas être mise en doute, il n'en est pas de même de leurs connaissances spéciales. Barthole et Cujas ne peuvent leur avoir appris ce que c'est que l'industrie sucrière, et il n'y a rien à dire à cela. Ne sachant pas, ils requièrent l'arbitrage d'experts. Or, c'est ici que se trouve le danger. En matière d'empoisonnement, on choisit, pour experts, un médecin et un pharmacien du ressort, et c'est un phénomène si ces deux savants connaissent un mot de chimie. Ils feuilletteront des livres, feront des expériences saugrenues, et rédigeront un rapport qui influencera le jury et les juges, précisément parce que les jurés et les juges ne savent pas. En matière industrielle, on

aura affaire à des experts également; mais, quatre-vingts fois sur cent, une question sucrière, par exemple, sera déférée à un mécanicien. Nous avons constaté plusieurs fois ce fait et nous en connaissons encore un exemple actuel. Un expert, très-honnête homme du reste, assez fort sur la question des chemins de fer, sur les machines à vapeur, etc., mais ignorant au possible des matières de la sucrerie et de l'alcoolisation, n'en sachant que juste ce qui lui a été appris à l'école, ce qui n'est guère, a été chargé d'arbitrer des contestations de sucrerie et de distillation. Les parties ont dû faire son éducation. Il y a quelques jours à peine que nous avons dû, nous-même, donner une note explicative à l'un des plaideurs, au demandeur, pour le mettre au courant des faits vulgaires qu'il avait à faire connaître à tel arbitre, afin que celui-ci pût acquérir une notion du litige...

Les juges, après la lecture du rapport, décideront, sans doute, en conscience; mais ils auront bien des chances de se tromper.

Il n'en serait pas de même s'ils avaient nommé pour arbitre un fabricant de sucre ou un distillateur, ou, encore, si l'arbitre avait eu le courage de déclarer sa nullité relative sur telle question, et s'il n'avait pas joué le rôle d'encyclopédiste.

Pour ces raisons, sans même soupçonner le cas de vénalité d'un expert, bien que le fait ne soit pas absolument impossible, on peut dire que les procès les plus détestables sont les procès industriels. Il vaut mille fois mieux plaider une question de mitoyenneté; car là, du moins, les juges sont chez eux, et ils n'ont pas besoin de s'en rapporter à la science d'un homme dit spécial, lequel n'est spécial, trop souvent, que pour une cause différente de celle qu'il doit examiner.

Les procès sont donc à craindre lorsque l'on ne possède pas assez les éléments de sa profession, les faits historiques qui s'y rattachent, l'évolution des procédés, pour pouvoir faire passer la lumière dans l'esprit des juges et, surtout, des experts. Il faut savoir à fond, pour n'avancer rien que d'exact et faire triompher la vérité [1].

1. Ce sont là, précisément, les idées qui nous ont fait naître la pensée de réunir et d'analyser tous les brevets français sur le sucre et l'alcool, et de faire une étude comparée des procédés qui s'y rapportent, afin de faire voir, avec une entière certitude, ce qui appartient au public et ce qui reste, momentanément, la propriété individuelle.

Sans la conviction de cette nécessité incoërcible, nous aurions passé sous silence, dans cet ouvrage, les procédés dont il va être question. Il nous aurait suffi, pour chaque prétention, d'en indiquer le but avec le nom de l'agent employé. Sans nous étendre inutilement sur ces procédés, nous serons plus explicite et nous nous efforcerons de faire voir loyalement quelle opinion il importe de se faire sur des prétentions plus ou moins fondées, qui ont l'élimination de la chaux pour objet, aussi bien que d'autres phases du travail de la sucrerie.

Procédé Achard. — Le procédé d'Achard consistait purement et simplement à saturer, par le carbonate de chaux, l'acide sulfurique très-faible qu'il avait employé pour la défécation. Nous avons indiqué (p. 408) la marche suivie par Derosne pour la pratique de ce procédé qui a été généralement abandonné. Quelques fabricants arriérés se sont obstinés cependant à le suivre pendant fort longtemps, et voici le mode qui était pratiqué dans la fabrique de M. Crespel, à Arras.

Le jus étant arrivé dans la chaudière à déféquer, on y verse, à froid, pour 18 hectolitres, 2k,600 d'acide sulfurique à 66°, étendu de trois fois son poids d'eau, et l'on brasse énergiquement. On ajoute alors 4 kil. de chaux, pesée à l'état caustique, puis éteinte et réduite en lait épais, et l'on brasse de nouveau. La température est portée à + 70° et l'on ajoute du charbon animal et du sang de bœuf ; puis, après une forte agitation, on laisse reposer et l'on tire au clair.

L'emploi de l'acide sulfurique a été conseillé sur la pulpe ou sur la betterave elle-même ; nous ne nous arrêterons pas à cette idée, d'autant moins praticable qu'elle était accompagnée du conseil d'élever la température vers + 50° ou + 60°.

En règle générale, l'emploi *direct* des acides minéraux doit être rejeté, soit à froid, soit, surtout, à chaud ; quelque peu qu'on le prolonge, il ne peut qu'avoir une pernicieuse influence sur le sucre cristallisable.

En présence des moyens rationnels de purification des jus qui sont à la disposition de la fabrication, nous ne pensons pas qu'il existe aujourd'hui un seul praticien intelligent qui ose se risquer à pratiquer cette méthode. On n'en retrouve guère de traces que dans les allégations de M. Kessler, et cela ne suffit pas pour conjurer le danger que l'on court dans l'emploi des

acides. Quelques minutes de retard dans la neutralisation, quelques degrés de plus dans la température suffisent pour conduire à des pertes sérieuses.

Procédé Derosne et Howard. — Ce procédé consistait dans l'emploi du sulfate d'alumine ou d'alun de potasse. Le procédé de Derosne a été exposé (p. 405 et suiv.). En somme, nous faisons, contre l'emploi du sulfate d'alumine, des objections sérieuses (p. 136). Ce sel élimine la chaux sous forme de sulfate, et il se produit des sulfates alcalins solubles. Il en est de même de l'alun ammoniacal, et le résultat est plus accusé encore avec l'alun de potasse, puisque ce sel introduit dans les jus une nouvelle quantité d'alcali. Or le fabricant doit éviter, à tout prix, d'augmenter la proportion des sels minéraux, et, surtout, des sels acalins qui existent dans les jus. C'est pour cette raison que nous repoussons les procédés qui ont pour base l'introduction du sulfate d'alumine ou des aluns dans les jus. Ajoutons à cela la difficulté de séparer des dépôts très-volumineux, et nous verrons que la décoloration serait payée beaucoup trop cher avec ces sortes de manipulations.

On ne peut employer le sulfate d'alumine avec avantage en l'introduisant dans les jus chaulés, parce que la production des sulfates alcalins est forcée dans la réaction. Au contraire, on se trouve très-bien d'ajouter un demi-millième de ce sel, après l'avoir décomposé, au préalable, par la chaux en lait et ce mode revient à traiter les jus par un mélange de sulfate de chaux fixe et d'alumine en gelée. On obtient beaucoup de décoloration par ce mode de traitement.

Procédé Boucher. — M. Boucher employait la défécation par la chaux. Cet oxyde hydraté était introduit dans la proportion de 3 grammes par litre.

Avant de l'introduire dans le jus, on versait dans celui-ci une solution de 750 grammes d'*alun*, soit 1gr,50 par litre, et l'on portait le tout vers + 35 degrés centigrades. On ajoutait alors, en même temps que l'on pratiquait un brassage vigoureux, la proportion de chaux nécessaire, lorsque la température arrivait vers + 80°. Au second bouillon, on donnait un repos de quelques minutes, on écumait et l'on ouvrait le robinet de décharge pour envoyer le suc sur un filtre et, de là, dans une citerne.

Dans cette méthode, il se trouve en présence du sucrate de chaux et du sulfate double d'alumine et de potasse, *ou mieux d'alumine et d'ammoniaque.*

Il se forme du sulfate de chaux..., le sucre est mis en liberté; l'alumine se combine aux matières colorantes, et forme une laque qui se précipite; et il reste dans la liqueur du sulfate de potasse ou du sulfate d'ammoniaque. Quelquefois, si l'on n'a pas employé assez d'alun, on a de l'alcali libre dans le jus, ce qui offre moins d'inconvénients, *si l'alun est à base d'ammoniaque.*

Enfin, dans ce procédé, on a le désavantage d'avoir affaire au sulfate de chaux, qui ne quitte la liqueur qu'à 25° ou 30° Baumé, ce qui oblige à une filtration supplémentaire. On a de plus des dépôts de sulfate de potasse...

Cette méthode serait basée sur les principes les plus vrais et les plus faciles à exécuter économiquement, si les différentes phases en avaient été prévues. La question des *laques* a été à peine appliquée à la sucrerie, sinon par nous, qui avons étudié depuis plusieurs années le mode à suivre pour régulariser cette réaction. La plus grande difficulté qu'on y rencontre est la filtration : les produits gélatineux bouchent les filtres avec rapidité et ne permettent plus au jus de passer. On est souvent obligé de ne pas neutraliser toute la chaux pour que la réaction soit complète. Mais, avec ces procédés, on peut obtenir la défécation presque absolue, la *décoloration sans noir*, et l'on n'a plus dans la liqueur que des sels alcalins dont on peut entraver l'action.

Il est bien préférable, dans toute circonstance, de *neutraliser la chaux par double décomposition*, sans employer d'acide libre, comme dans les procédés d'Achard, de MM. Dumas et Dubrunfaut; mais il faut, autant que possible, éliminer la plus grande partie de la chaux employée en léger excès, et c'est à quoi l'on n'est pas encore parvenu d'une manière satisfaisante, excepté par des filtrations réitérées sur le noir animal [1].

Enfin, la réaction qui se fait dans les jus traités par le procédé Boucher donne lieu à quelques phénomènes remarquables, dont il conviendrait de tenir plus de compte, et les propor-

1. Au demeurant, l'emploi de l'alun date de 1810, époque à laquelle M. Ch. Derosne se servait déjà de cet agent, préférablement à un acide minéral quelconque.

tions employées ne nous paraissent pas présenter toute l'exactitude désirable. Il se présente deux cas à examiner ici : celui dans lequel on se sert de l'alun de potasse, et celui dans lequel on emploie l'alun d'ammoniaque.

Dans la première circonstance, on doit se demander quels seront les résultats de la réaction, et quel est le dosage à suivre. Or, 1 gramme de chaux hydratée répond à $3^{gr},20756$ d'alun alumini-potassique, qui saturent exactement cette chaux par l'acide sulfurique de combinaison renfermé dans l'alun. Il se forme du sulfate de chaux, dont nous avons signalé l'inconvénient, peu grave, en définitive; le sulfate d'alumine a abandonné son acide sulfurique à la chaux, et l'alumine ainsi que le *sulfate de potasse* sont restés *libres* en présence du sucre. L'alumine forme laque avec une portion de la matière colorante; mais le sulfate de potasse sera nuisible aux opérations subséquentes. Ceci n'a pas besoin de commentaires. D'un autre côté, $1^{gr},50$ d'alun potassique ne neutralisent pas plus de 1/2 gramme environ de chaux hydratée; il reste $2^{gr},5$ de chaux, lesquels se répartissent sur le jus pour agir comme réactif déféquant d'une part et, de l'autre, former du sucrate de chaux. Le résultat de cette opération est donc très-complexe, et elle donne : dans les dépôts, du sulfate de chaux, de l'alumine, des composés calcaires, tels que l'albuminate de chaux, etc.; dans le liquide, de l'eau, du sucre, de la matière colorante, du sucrate de chaux, de la potasse libre venant du jus, du sulfate de potasse venant surtout de l'alun, divers sels et oxydes. On comprend que, dans de telles conditions, l'emploi de ce procédé ne puisse satisfaire de légitimes exigences.

Dans le second cas, l'emploi de l'alun ammoniacal présente exactement les mêmes phénomènes, à cette différence près que l'alun ne peut fournir de sulfate de potasse, et que les alcalis mis en liberté ne peuvent provenir que de certains sels alcalins des jus, lesquels sont décomposés en partie et amenés à l'état caustique par l'excès de chaux employée. L'alcali volatil n'a pas d'action nuisible bien prononcée sur le sucre, lorsqu'il est libre, et cela arrive toujours en présence d'un excès de chaux, cet oxyde hydraté décomposant tous les sels ammoniacaux, et l'ammoniaque disparaît par évaporation. Il n'en serait plus de même si le sucre se trouvait en contact avec un sel ammoniacal fixe, tel que le sulfate; car, dans ce cas, le sel se décompose-

rait dans la suite des opérations, et son acide régirait violemment sur le sucre. Ce serait donc toujours à l'alun d'ammoniaque que l'on devrait donner la préférence pour l'exécution de ce procédé, en maintenant toutefois un léger excès de chaux, qui disparaîtrait à la filtration sur le noir; mais l'action de l'alun n'est pas assez complète, elle n'est pas assez en rapport avec celle de la chaux pour que ce procédé donne des résultats constants. On est d'ailleurs placé dans un dilemme assez gênant, en ce sens que, si l'on emploie un excès de chaux, on a en présence des alcalis libres; si l'on emploie un excès d'alun, on a affaire à une réaction acide et, de plus, au sulfate de potasse, qui cristallise avec le sucre, et au sulfate d'ammoniaque, qui est nuisible à la cuite.

Procédé Claës. — M. Claës, à Lembeck, élimine la chaux de la défécation ordinaire par l'*acide pectique*. Il trouve cet acide, *tout à fait inoffensif pour le sucre*, dans la pulpe même de la betterave. La pulpe, soigneusement lavée, est soumise à l'ébullition dans l'eau avec cinq centièmes de son poids de carbonate de soude. Il y a décomposition des pectates et transformation des principes pectiques renfermés dans la pulpe, et il se forme du pectate de soude soluble. On filtre la matière et on la soumet à la pression. Dans la liqueur limpide, on verse du chlorure de calcium, et il se forme du chlorure de sodium très-soluble, tandis que le pectate de chaux se précipite. Celui-ci est recueilli sur une toile ou sur un filtre, bien lavé, puis traité par l'acide chlorhydrique faible, par la réaction duquel il se forme du chlorure de calcium, tandis que l'acide pectique se précipite en gelée. On le purifie par des lavages réitérés.

M. Claës emploie, dans la défécation, autant d'acide pectique gélatineux qu'il a employé de lait de chaux en volume; mais cette proportion est peut-être un peu faible. En tout cas, la chaux équivalente se précipite à l'état de pectate insoluble.

Ce procédé est très-recommandable et conforme aux véritables principes de la chimie industrielle. Il est, en tout cas, beaucoup plus rationnel que plusieurs de ceux qui ont été préconisés avec un engouement systématique.

Nous ferons cependant quelques objections relativement à l'emploi de l'acide pectique. Il nous semble fort difficile de neutraliser toute la chaux par cet acide qui forme une gelée presque

transparente, et dont on ne peut pas aisément apprécier un léger excès. D'autre part, si l'on emploie une proportion d'acide pectique, telle qu'il en existe un excès dans la liqueur, il peut arriver que l'action de la chaleur transforme cet excès en acide métapectique. Enfin, si la neutralisation est complète, comme il se forme des pectates alcalins, l'ébullition change ces derniers sels en métapectates (p. 19). Il résulte de là que, si ce procédé n'est pas pratiqué avec une grande attention, on peut introduire dans les jus des éléments qui rendent les sirops visqueux et ralentissent la formation des cristaux de sucre.

Procédé Dubrunfaut. — M. Dubrunfaut, employant l'idée de Proust et de M. Drapiez, a eu la pensée de *muter* les betteraves par l'*acide sulfureux* à l'état gazeux ou en dissolution... Il s'en servait sur les betteraves, la pulpe ou le moût.

Il opérait ensuite la défécation des jus, ainsi mutés par l'acide sulfureux, à l'aide d'un procédé *qui rappelle beaucoup celui d'Achard*, dans ce qu'il a d'important. Nous citons l'auteur lui-même :

« La défécation peut être opérée sur le jus par diverses méthodes. Voici celle qui m'a donné les meilleurs résultats : on fait éteindre la chaux, on la sèche, on la passe au tamis; et on l'enferme dans des vases bouchés. On étend son acide sulfurique de 19 parties en poids : le jus étant en chaudière, *on ajoute* 50 *grammes de chaux par hectolitre et à froid;* on chauffe à + 80°; on verse 500 grammes de charbon animal, *puis* UNE QUANTITÉ SUFFISANTE *de chaux hydratée susdite*, pour obtenir un jus clair, diaphane et peu coloré; cette quantité varie de 4 à 7 grammes par litre. Cette chaux peut s'ajouter depuis + 81° jusqu'à + 90° et même + 95°; mais il vaut mieux la mettre de + 82° à + 83°. On arrête le bouillon quand il veut pousser; on laisse déposer et on tire à clair pour mettre en concentration : quand tout le jus est réuni, *on y verse une quantité d'acide sulfurique* telle que l'acide sulfurique concentré soit égal à la moitié du poids de la chaux hydratée employée. Cette quantité n'est qu'approximative, parce qu'elle doit varier suivant la qualité des racines; seulement, il faut s'arranger de manière que le jus ne puisse devenir acide pendant la concentration, ce qui arriverait si les racines étaient trop ammoniacales ou qu'on y eût ajouté trop d'acide sulfurique. D'ailleurs, en sui-

vant la défécation avec les réactifs colorés, on devra verser du *carbonate de soude* dans le jus, si l'on s'aperçoit qu'il s'approche trop de la neutralité. On continue par les procédés ordinaires...

Observations. — 1° Le procédé de *défécation* de M. Dubrunfaut, aussi bien que son application de l'acide sulfureux, n'est pas une chose nouvelle ; nous l'avons déjà dit au début de ce paragraphe.

2° Nous ne comprenons pas l'emploi de *un demi-gramme* de chaux par litre, suivi de l'emploi de *quatre à sept grammes* de cette même chaux (*chaux susdite*), également par litre, sinon comme une formule allongée, pour dire : j'emploie de 4gr,5 à 7gr,5 de chaux par litre... Il est vrai qu'entre les deux doses, M. Dubrunfaut place 5 grammes de noir animal par litre, ce dont nous comprenons encore moins le vrai but.

3° C'est une bonne précaution de ne pas chauffer jusqu'à la température de + 100°, lorsque l'on est en présence de la chaux ; mais encore faudrait-il savoir à quel degré précis M. Dubrunfaut propose de s'arrêter : 80°, 81°, 82°, 83°, 90° ou 95°, bien qu'il préfère 82° ou 83° ?

4° L'emploi de l'acide sulfurique appartient à Achard ; mais, de plus, c'est l'agent le plus nuisible au sucre, comme nous l'avons démontré précédemment.

5° Pourquoi neutraliser l'excès d'acide par le carbonate de soude, qui donnera du sulfate de soude, restant dans les jus, plutôt que par le carbonate de chaux, la craie des premiers expérimentateurs, tout à fait inoffensive ?

En résumé, ce procédé n'avait rien d'utile, et toutes ses parties rapportées appartenaient à des procédés antérieurs. On en retrouve presque toutes les données, *en reprise*, dans les prétendues nouveautés de MM. Périer et Possoz.

Procédé Mialhe. — M. Mialhe a proposé d'employer l'*oxalate d'alumine* pour se débarrasser de la chaux et décolorer le jus après la défécation. Sous l'influence de la chaux, l'oxalate se décompose ; il se forme de l'oxalate de chaux insoluble ; l'alumine, devenant libre, forme laque avec les matières colorantes. L'auteur de cette proposition n'aurait pas songé à la faire s'il avait réfléchi à la composition des jus ; car il aurait vu que :

1° l'acide oxalique du sel d'alumine ne se combine pas seulement avec la chaux, mais encore avec les alcalis et les autres bases du jus, et qu'il se forme nécessairement des oxalates alcalins nuisibles ou vénéneux; 2° que le dosage de l'agent employé est fort difficile pour les ouvriers des fabriques, et que l'on ne peut agir en sucrerie comme en pharmacie, ou comme dans un laboratoire d'expériences chimiques; 3° que le précipité aluminique est trop volumineux et difficilement séparable...

On ne doit pas employer d'agents vénéneux, sous aucun prétexte, et des procédés de ce genre ne doivent être mentionnés que par un intérêt de simple curiosité.

Procédé Oxland. — Ce procédé consiste dans l'emploi de l'acétate d'alumine. La dissolution de 2 kilogrammes d'alumine dans l'acide acétique suffirait pour un hectolitre de jus. Ce procédé est une nouveauté fort ancienne. Nous en avons dit un mot (p. 138). L'acétate d'alumine est un excellent décolorant, mais il se forme de l'acétate de chaux, des acétates alcalins et des acétates métalliques, qui favorisent les dégénérescences visqueuses et font passer les sels dans les sirops.

Procédé Krüger. — Nous ne mentionnons ce procédé que pour mémoire et par esprit de justice et d'impartialié. Une dissolution de caséine (fromage) dans l'ammoniaque a été conseillée par Krüger pour précipiter la chaux des jus... En dehors de la cherté de cette préparation, il convient de remarquer, avant tout, que le réactif apporterait dans les jus plus de matières étrangères et de causes d'altération qu'il n'en éliminerait, et que son emploi ne peut être considéré comme rationnel. Un des plus grands desiderata de la sucrerie est la séparation complète des matières azotées, et l'on ne comprend pas l'addition de ces matières au jus à un titre quelconque. En se servant de la solution de Krüger, on introduit dans la liqueur sucrée des substances grasses, des principes dérivés de la fermentation lactique, et une portion de la caséine reste dissoute à la faveur de l'alcalinité du jus. Enfin, le caséate de chaux n'est pas entièrement insoluble dans les jus sucrés alcalins.

Procédé Garcia. — Ce procédé consistait dans le traitement des jus, chaulés préalablement, par un savon à base de soude.

Il se forme dans cette manipulation une double décomposition, qui donne naissance à du savon calcaire insoluble, et il reste de la soude dans la liqueur. Le jus chaulé, refroidi à + 40°, était additionné de dissolution savonneuse dans la proportion suffisante pour éliminer la chaux. On portait ensuite à l'ébullition, puis, le liquide était tiré au clair et le résidu était soumis à la pression. Le savon calcaire restituait le corps gras par l'action des acides.

Malgré la précaution indiquée par l'inventeur, de se servir de savon très-pauvre en soude, ce procédé est inapplicable, surtout lorsqu'on le compare à ce que l'on peut obtenir par la saturation carbonique aidée des autres précautions connues. Il est trop coûteux, à raison de l'élévation de l'équivalent des corps gras, de la nécessité de décomposer le savon calcaire à l'aide des acides, et de celle qui incombe au fabricant de préparer lui-même l'agent dont il a besoin. Nous lui reprochons, en outre, d'introduire de la soude dans les solutions sucrées, et ce dernier inconvénient suffirait seul à en rendre l'emploi impossible[1].

Nous avons essayé, après la mort de l'inventeur, de substituer les acides gras à leurs combinaisons savonneuses; mais, comme ces acides ne sont pas solubles dans les jus, et qu'ils restent à la surface, on ne peut déterminer la réaction que par un brassage énergique et prolongé. L'opération, qui serait rationnelle avec l'acide stéarique, nous a paru encore trop onéreuse pour pouvoir être pratiquée industriellement.

Procédé Wagner. — A la suite du procédé Garcia, et lorsque nous avions déjà fait connaître l'insuffisance de cette méthode d'élimination de la chaux, en conseillant à la fabrication de se servir des acides gras, plutôt que de leurs combinaisons savonneuses, l'Allemand Wagner proposa l'emploi de l'acide oléique; mais il fit observer avec justesse que les liquides sucrés et le sucre qu'on en retire après ce traitement conservent un goût désagréable, qu'il attribue à la présence d'acides volatils. Otto, en présence de cette circonstance, conseille l'emploi de l'acide stéarique... Nous ne rapportons ces indications que pour mémoire et afin de porter en note ce fait que Wagner et

1. Voir *Notes justificatives.*

Otto n'ont fait qu'emprunter les idées de notre brevet français de 1856, lequel est tombé dans le domaine public dès l'année suivante, l'expérience n'ayant pas justifié l'emploi des acides gras. Ces acides n'ont pas, en effet, l'inconvénient d'introduire de la soude dans les sirops; mais, comme ils sont insolubles dans les liqueurs aqueuses, la réaction est lente, ainsi qu'il vient d'être dit, à cause de la difficulté du mélange et, d'ailleurs, ces procédés sont trop coûteux, à raison de l'équivalent très-élevé des acides gras et de la quantité considérable qu'il faut en employer pour neutraliser un équivalent de chaux. Nous ajouterons encore ceci que, si les acides gras peuvent éliminer la chaux dans des conditions peu acceptables aujourd'hui, ils forment des composés savonneux d'une solubilité notable avec les alcalis, que ces savons restent dans les sirops et contribuent tant à leur donner un mauvais goût qu'à les rendre plus altérables.

Deuxième procédé Rousseau. — Lorsque le procédé de Barruel eût été restitué au public, M. E. Rousseau imagina de traiter les jus par le peroxyde de fer hydraté et par le sulfate de chaux. Ces agents devaient produire une purification et une décoloration telle que l'on devait pouvoir se passer de noir. Disons tout de suite qu'après une série d'échecs auxquels on devait s'attendre, ce procédé a été repoussé par la pratique.

Nous ne reprocherons pas à ce procédé l'emploi du plâtre pour la défécation préalable. Nous dirons seulement que cette idée n'appartient pas à M. Rousseau. Elle remonte à Mathieu de Dombasle (1817), et le sulfate de chaux a été conseillé par beaucoup d'autres personnes, parmi lesquelles on peut citer Lohman et Balling (1837). Nous ne ferons pas non plus au sulfate de chaux les reproches qu'on lui adresse; il défèque assez bien, et il n'agit pas sur les sels alcalins; il n'est pas à redouter dans les liqueurs sucrées, au moins comme on le dit, puisqu'une simple filtration, après concentration à 28° B., l'élimine très-bien, mais l'emploi complémentaire du peroxyde de fer, à l'état gélatineux, dont la préparation est assez désagréable, et qui produit des dépôts encombrants, n'agit pas comme précipitant du plâtre et ne donne lieu à aucun des effets signalés par M. Rousseau, sinon à une décoloration sensible, qui s'obtient avec tous les oxydes gélatineux, dont l'usage était

dans le domaine public avant que M. Rousseau brevetât sa *nouvelle méthode.*

Procédé Kessler. — Tout en renvoyant l'examen du procédé Kessler à l'étude de la sucrerie agricole, nous devons mentionner l'emploi, indiqué par cet inventeur, de *tous les réactifs conseillés par les livres de chimie* pour obtenir la précipitation de la chaux. Parmi tous les agents auxquels s'adresse M. Kessler, nous remarquons le *sulfate de magnésie.*

L'idée n'était pas mauvaise au fond ; car l'inventeur devait penser que ce sulfate, mis en contact avec le sucrate de chaux, fournirait du sulfate de chaux et de la magnésie insoluble qui agirait comme décolorant. L'étude plus attentive des sels de magnésie lui aurait fait voir que le sulfate de cette base, mis en présence des chlorures alcalins du jus, fournit un sulfate alcalin et du chlorure de magnésium, ce qui a pour résultat d'augmenter les impuretés des sirops. En outre, la magnésie n'est pas insoluble dans les liqueurs sucrées, et elle ne peut être assimilée à l'alumine sous ce rapport.

M. Kessler n'est pas, du reste, le premier qui ait conseillé l'emploi du sulfate de magnésie, et l'Allemand Morgenstern avait déjà indiqué cet agent pour l'élimination de la chaux. Il résulte de ce fait que, tous les autres agents conseillés étant du domaine public, rien du brevet Kessler n'appartient à son titulaire, pas même la réclamation en faveur de l'emploi des acides minéraux, dont M. Dubrunfaut pourrait réclamer la priorité, si Achard, Derosne et d'autres n'étaient encore antérieurs à M. Dubrunfaut dans cette tentative.

L'ensemble du procédé Kessler sera examiné en temps opportun, et nous nous contentons des observations qui précèdent relativement au sulfate de magnésie.

Noir déféquant de Leplay. — Nous avions remarqué, avec un certain étonnement, la ténacité avec laquelle se reproduisait, dans les journaux spéciaux, l'*annonce* de ce produit. Notre surprise augmenta encore, lorsque nous apprîmes que des fabricants achetaient cette matière et prétendaient s'en bien trouver. A première vue, il nous parut que M. Leplay, dont le talent n'est pas niable, avait dû parvenir à créer un agent de décoloration plus puissant que le noir d'os, que son noir absorbait la

chaux, détruisait la matière colorante, enlevait les alcalis et surtout n'introduisait pas dans les jus de substances nuisibles au sucre... Nous voulûmes nous assurer par nous-même de ces précieux résultats, et nous parvînmes à nous procurer un échantillon du noir tant vanté. Avant toutes choses, ce noir fut soumis à l'action de l'eau bouillante. La liqueur filtrée fut concentrée, et elle donna lieu à une cristallisation abondante de *carbonate de soude!* Il était inutile de pousser plus loin les recherches, et l'on pouvait conclure. Le noir Leplay n'est que du noir d'os ordinaire, plus ou moins fin, imbibé d'une solution concentrée de carbonate sodique et séché.

Il est évident que ce noir précipite la chaux et qu'il décolore. Il précipite la chaux plus ou moins abondamment, selon qu'il renferme du bicarbonate ou du carbonate alcalin, ce que nous n'avons pas pris la peine de vérifier. Il introduit dans les jus de la soude, lorsqu'il y en a déjà trop, et il augmente l'impureté des sirops en exposant à une perte de sucre. Nous n'en dirons pas davantage à ce sujet, mais il est parfois pénible d'avoir à constater certaines pratiques de spéculation auxquelles des hommes instruits se laissent entraîner. M. Leplay ne peut pas ignorer combien les alcalis sont pernicieux pour les intérêts du fabricant de sucre; il est donc au moins étrange de lui voir conseiller, prôner et vendre une composition de ce genre...

Nous verrons que M. L. Possoz brevète l'emploi direct du carbonate de soude et nous rappelons que ces messieurs ne font que rééditer une partie du brevet Dubrunfaut de 1829. Ces cas de reproduction ne sont pas rares, mais le fabricant doit remonter à la source de ces emprunts, bien ou mal déguisés, afin de savoir s'il lui convient, ou non, d'acheter ce qui lui appartient.

Procédés divers de carbonatation ou de saturation. — Les différents procédés dont il vient d'être parlé ont évidemment pour but commun l'élimination de la chaux et la purification du jus; mais s'ils ont pu être groupés sous cette idée générale, ils présentent, d'autre part, trop peu de connexité pour qu'on ait songé à les analyser dans un ordre bien régulier. Les méthodes dont il va être question se rattachent à une idée précise et, toutes, elles se rapportent à l'emploi d

l'acide carbonique, pour l'élimination de la chaux et la séparation des matières étrangères et des substances colorantes. C'est sur ces divers procédés que se trouve basée la pratique actuelle de la sucrerie.

Procédé Barruel. — L'inventeur de la *saturation* de la chaux par l'acide carbonique, qui est devenue la base essentielle de la sucrerie moderne, est le chimiste Barruel, l'un des créateurs de l'industrie sucrière en France.

Voici un passage remarquable, relatif à la défécation par la chaux, dans lequel on trouve tout ce qui est essentiel à la carbonatation des jus chaulés.

« La chaux, dit Barruel (1812), joue dans cette opération trois rôles. Elle désacidifie, elle *décolore* et elle clarifie ; elle doit, pour la clarification, *nécessairement se trouver en excès,* dont *une portion se combine avec le sucre.* Elle est donc en excès dans les proportions que j'ai indiquées, et on reconnaît cet *excès :* 1° à la SAVEUR URINEUSE ET CAUSTIQUE *qu'elle communique au jus;* 2° à la pellicule irisée qui se forme à la surface du liquide, lorsqu'après en avoir pris dans une cuiller, on souffle dessus; 3° à la propriété que le jus a de rappeler au bleu le papier de tournesol rougi par un acide.

« Si on laissait cet excès de chaux dans le liquide, le sirop qui proviendrait de son évaporation aurait une saveur extrêmement désagréable et, mis à l'étuve, il donnerait très-peu de sucre et de mauvaise qualité. *Il est donc nécessaire d'enlever cet excès de chaux,* et on peut y parvenir en le saturant par un acide quelconque; mais il faut donner la préférence aux acides qui forment avec elle un sel insoluble : *tels sont les acides sulfurique ou carbonique,* etc... Mais, comme, dans toutes les opérations en grand, on doit employer les moyens les plus économiques, *on aura de préférence recours à l'acide carbonique. En effet, tout fabricant peut préparer cet acide par la simple combustion du charbon au contact de l'air; 20 parties de charbon en donnent 100 d'acide carbonique.*

« Enfin cet acide forme, avec la chaux, un sel insoluble qui se précipite en totalité; avantage que ne présente pas l'acide sulfurique, etc.

« Pour former, au moyen de la combustion du charbon, l'acide carbonique destiné à neutraliser l'excès de chaux que

contient le jus clarifié, j'emploie un appareil très-simple, dont je donnerai la description et la gravure. Je porte l'acide carbonique au fond du jus, ***aussitôt après la filtration***, ***à l'aide de tubes conducteurs***, dont l'extrémité est en pomme d'arrosoir, ***criblée de trous très-fins***, de manière à ***diviser le gaz et à multiplier les points de contact.***

« On reconnaît que l'excès de chaux est précipité, à la saveur franche qu'acquiert le jus, à la disparition de la pellicule qui se formait auparavant lorsqu'on soufflait à la surface. La neutralisation de la chaux ne dure que de dix à treize minutes. La cuve dans laquelle on l'a opérée porte, à un doigt de son fond, un robinet à l'aide duquel on soutire le jus pour le séparer du carbonate de chaux qui reste au fond, etc.

« Ce procédé, qui est très-simple et peu coûteux, réussit constamment; j'en garantis l'exactitude et le succès. »

Le lecteur peut voir que tout est prévu, relativement à l'emploi de l'acide carbonique, dans ces données de Barruel. Il résulte clairement, des observations qui précèdent, diverses conséquences, dont la conclusion logique est que tous les raccommodeurs de brevets qui se sont succédé, en France et en Allemagne, n'ont fait autre chose que *prendre ce qui ne leur appartenait pas*, au sujet de la saturation. On donnera à cet acte telle qualification que l'on voudra; le fait de s'approprier le bien d'autrui, que la conscience et la loi définissent un vol, est flagrant et incontestable.

1° La propriété du sucre de s'unir à la chaux et de former un *sucrate soluble* ressort des données de Barruel et elle était connue et décrite en 1812.

2° Il en est de même de la décomposition de ce sucrate par l'*acide carbonique* et par d'*autres acides*.

3° Ajoutons que l'application industrielle de ces faits a été conseillée à des époques déjà très-éloignées, par différents chimistes, parmi lesquels nous citerons seulement M. Kuhlmann (1867, note du 19 janvier 1838). Ce chimiste, fabricant de sucre, proposait de *concentrer* la liqueur renfermant le sucrate de chaux, et de la *décomposer ensuite par l'acide carbonique*... Il avait également proposé de *décomposer le sucrate de chaux aussitôt après la défécation*, c'est-à-dire sans concentrer la solution de sucrate, ce qui est bien le fond du procédé Barruel et de ce qui se pratique aujourd'hui.

4° La fabrication sucrière a donc le droit d'employer, comme un moyen de défécation, *la transformation du sucre en sucrate de chaux*, et *la décomposition de ce sucrate par l'acide carbonique*, ce dernier acide produit par *la combustion du charbon* ou par *une réaction chimique quelconque*, pourvu que cet emploi se borne à ce qui est dans le domaine public. La jurisprudence et la loi françaises ont décidé ces sortes de questions en principe et en fait. Si quelque brevet fait une *application nouvelle* de moyens déjà connus, libre à chacun d'en faire également une application individuelle, en dehors des limites de ce brevet.

Or ce qui appartient à tout le monde peut être ainsi défini :

1° Emploi de la chaux caustique en *excès*, de manière à former une combinaison calcaire avec partie ou totalité du sucre du jus ou du sirop;

2° Décomposition du sucrate de chaux par l'acide carbonique;

3° Production de cet acide par la combustion du charbon ou par la décomposition d'un carbonate.

Il est clair, d'après cela, que toutes les prétendues inventions qui se sont produites à cet égard n'ont eu pour objet que d'établir des entraves calculées à l'exercice d'un droit certain, afin de forcer la fabrication à payer une prime plus ou moins onéreuse. Beaucoup de fabricants se sont courbés sous ces combinaisons, par la crainte de procès et de contestations; mais il n'y a pas moins, dans toutes ces conceptions frauduleuses, des actes d'improbité et des tentatives de chantage, que le devoir oblige de flétrir énergiquement.

Procédé Rousseau. — MM. Rousseau ont montré, à partir de 1849, l'imagination la plus fertile pour *réinventer* les procédés d'autrui et organiser des affaires de sucrerie par cette méthode peu fatigante, pour laquelle il ne faut dépenser ni peine ni science.

Le procédé de Barruel était négligé par la fabrication, bien que M. Kuhlmann, un véritable chimiste, l'eût recommandé, bien que d'autres encore en eussent conseillé l'emploi; les frères Rousseau trouvèrent très-simple de breveter ce procédé qui était la propriété de tous [1]. Le procédé de Barruel s'est appelé

1. Le brevet Rousseau date du 17 août 1849, et il y fut fait différentes additions.

le procédé Rousseau à partir de cette époque jusqu'au jour où il fut *décidé* que, ce procédé étant du domaine public, chacun a le droit de s'en servir à son gré.

Le procédé Rousseau repose, comme celui de Barruel, sur la propriété que possède la chaux de former, avec le sucre, un *sel soluble*, pendant qu'elle précipite, à l'état insoluble, nombre de matières que l'on cherche à éliminer par la défécation.

Si l'on soumet à la filtration un jus traité par un excès de chaux, le liquide retiendra en dissolution le sucrate de chaux, que l'on décomposera par un courant d'acide carbonique : sous l'influence de cet agent, la chaux du sucrate se précipitera à l'état de carbonate insoluble, et le sucre, mis en liberté, restera dans la liqueur. Il suffira de décanter ou de filtrer le jus pour n'avoir plus qu'à le concentrer et le cuire.

Voilà pour le fond du procédé, qui est bien le pastiche du procédé de Barruel et des conseils de Kuhlmann. Voyons maintenant les détails, d'après le brevet Rousseau même, afin de rester dans la plus scrupuleuse exactitude.

L'opération se conduit de la manière suivante :

« Soit pris pour exemple le jus de betteraves.

« Le jus étant obtenu, on y mêle une quantité de chaux, qui varie selon sa nature, mais *suffisante pour s'unir à la totalité du sucre*. On élève la température de ce mélange *vers 80°, avec la précaution de ne point le faire bouillir*. On filtre; puis, dans cette liqueur ainsi filtrée, on fait passer un courant d'acide carbonique qui, en s'unissant à la chaux, forme un carbonate insoluble, lequel, en se précipitant, achève la décoloration du jus. L'*acide carbonique* employé à cet effet *peut être obtenu par la combustion directe du charbon, ou par les réactions chimiques connues.*

« *On peut également employer, pour précipiter la chaux, les acides sulfureux, sulfurique, oxalique, borique*, ETC. [1], mais avec la précaution de disposer dans le jus une quantité de carbonate de chaux destiné à saturer l'excès d'acide qui pourrait être introduit.

« *On peut*, au lieu d'agir sur le jus, *agir directement sur la pulpe.*

1. Une telle *généralité* comprend une quantité immense des corps connus en chimie, dont un grand nombre précipitent la chaux. Autant vaudrait breveter en général *tous* les réactifs agissant sur la chaux.

« Par ce procédé, *le jus est complètement décoloré sans qu'on ait besoin de recourir à l'emploi du noir animal*, et il n'éprouve aucune coloration par l'ébullition.

« *Ce procédé se distingue de ceux suivis jusqu'à ce jour, en ce que la chaux est employée ici pour fournir une combinaison soluble avec* TOUT LE SUCRE *contenu dans les jus ou sirops, que l'on dépouille, en précipitant cette chaux, de toute matière étrangère, et sans faire subir au sucre aucune altération, tandis que jusqu'ici l'emploi de la chaux a été une cause de coloration et d'altération du sucre...* »

Nous ferons observer qu'il est loisible, de par le procédé Barruel, d'employer plus ou moins de chaux, mais qu'il en faut un *excès*, pour l'appréciation duquel chaque fabricant reste le juge définitif, sans avoir aucun besoin de recourir aux lumières pharmaceutiques des rédacteurs du brevet Rousseau. Le conseil d'agir directement sur la pulpe par le chaulage et la saturation est tellement absurde qu'il n'a pas besoin d'être discuté; mais on voit que les partisans du chaulage de la pulpe ont été précédés, dans cette *belle invention*, par les frères Rousseau, qui n'ont inventé que cela.

Il est inexact de dire que l'ébullition ne colore plus les jus carbonatés; car il ne se produit aucune élimination des alcalis, aucune transformation des sucrates alcalins, et les sirops se colorent par l'action de la chaleur. Le fait est sous les yeux de tous les fabricants, et il est parfaitement inutile de s'y arrêter, après ce qui a été exposé précédemment.

Nous indiquons sommairement quelques données accessoires ajoutées par MM. Rousseau à *leur invention.*

Ils annoncent que, par *leur procédé*, ils obtiennent « une eau sucrée *assez pure* pour qu'elle puisse, *sans passer par les opérations du raffinage*, être convertie immédiatement et de premier jet en *pains purs, blancs et de bon goût*, propres à être livrés à la consommation, » et ils regardent ces résultats comme distinctifs de *leur* procédé.

Ils ajoutent cependant que *les sirops verts* de la première cristallisation *retiennent encore quelques matières végétales* qui, en raison de la grande dilution où elles se trouvaient, *ont échappé aux réactifs* employés précédemment...

Ils emploient, pour en dépouiller ces sirops, une nouvelle quantité de *chaux proportionnelle à ces matières spumeuses*, puis

un mélange de silice et d'alumine, *tel que les sels de potasse et de soude puissent s'y unir et devenir insolubles.*

Voici comment on opère :

« Les sirops sont étendus d'eau jusqu'à ce qu'ils marquent de 12° à 15° à l'aréomètre Baumé, et on les porte à la température de 60 degrés centigrades. *En général*, pour 10 hectolitres de sirop provenant de sucres traités par *notre* méthode, nous mettons 1 kilogramme environ de chaux hydratée (*cette proportion de chaux est nécessairement variable, en raison de la nature primitive des jus*). On agite, puis on ajoute 2 kilogrammes d'argile ou de marne siliceuse, en agitant de nouveau, et l'on élève la température à 60 ou 80 degrés centigrades. Après quoi on sature cette chaux par un courant d'acide carbonique, comme il a été dit pour le premier jus, et l'on filtre sur le noir animal ces jus, qui se trouvent ainsi dépouillés de *toutes* matières étrangères.

« Ce mode de traitement est applicable à l'*épuration des bas produits*, mélasses, etc., *résultant des fabrications ordinaires.* »

La seule conséquence à tirer de ce qui précède, c'est que les sirops, retenant encore des matières végétales étrangères au suc, etc., *le premier procédé n'a pas dépouillé les jus, comme cela est affirmé plus haut, de toute matière étrangère.* Si ce procédé était *aussi complet*, les sirops verts ne contiendraient que de l'eau, de la mélasse, du sucre et quelques sels solubles : ils n'auraient besoin que de subir une nouvelle cuisson pour donner leur sucre, au moins en partie, et un nouveau traitement serait inutile. D'un autre côté, nous avouons franchement ne pas comprendre jusqu'à quel point on peut éliminer les sels de potasse et de soude par un mélange de silice et d'alumine, soit 2 kilogrammes d'argile ou de marne siliceuse par 10 hectolitres de sirop. La silice ne se combine avec aucun corps, à une température aussi faible que celle employée en sucrerie; le silicate d'alumine contenu dans l'argile ou la marne est dans des conditions à peu près analogues; quant au carbonate de chaux qui l'accompagne, il peut donner lieu à quelques phénomènes de double décomposition, mais, dans aucun cas, il ne déterminera l'insolubilité des sels alcalins. Ceci est du ressort de la chimie élémentaire.

Enfin, si l'on peut appliquer cette méthode à l'épuration des bas produits de la fabrication ordinaire, il faut convenir que la

différence entre ces bas produits et ceux de la méthode Rousseau n'est pas grande, puisqu'ils sont soumis au même traitement d'épuration, bien qu'ils soient les résultats de manipulations très-diverses.

Le 24 décembre, MM. Rousseau déclarent le procédé qui précède applicable *au raffinage du sucre brut* aussi bien qu'à l'épuration des bas produits, etc.

Enfin, dans une dernière addition, MM. Rousseau rappellent tous les avantages qu'ils attribuent à *leur* procédé, et ils ajoutent quelques observations *justes et vraies*, connues de tous les fabricants, au sujet de la *nécessité de ne pas porter à l'ébullition les jus qui viennent de recevoir de la chaux*. En effet, sous l'influence de la chaux à l'ébullition, la matière azotée se *décompose* en un produit brun et de l'ammoniaque; *une portion de sucre*, passant à l'état de sucrate, devient insoluble à + 100° et *se perd* dans les écumes; l'albumine produit avec la chaux un corps visqueux opposé à la cristallisation du sucre; le sucre lui-même s'altère, devient en partie incristallisable et brunit; enfin, la matière colorante passe au brun foncé, etc.

Tout cela est vrai et implique la double nécessité de ne pas élever la température jusqu'à + 100°, et de filtrer le jus après l'action de la chaux.

Voici comment MM. Rousseau résument les détails de *leur opération :*

« Le jus étant obtenu par les procédés ordinaires, on en élève la température de 50 à 75 degrés centigrades, selon l'époque du travail; puis on y verse une quantité de chaux hydratée et tamisée suffisante pour que toutes les matières organiques étrangères au sucre et pouvant être coagulées en soient suffisamment saturées, ce que l'on ne peut reconnaître que par l'expérience, car cette proportion de chaux varie selon l'espèce, le degré de maturité ou de conservation du végétal saccharifère, même selon la nature du sol où il a poussé; ainsi, pour des betteraves, cette quantité de chaux peut varier de 15 à 30 kilogrammes par 10 hectolitres de jus.

« Les caractères auxquels on reconnaît que l'opération a été bien conduite sont : l'absence de toute odeur ammoniacale, une coloration jaune pâle du jus et une saveur alcaline très-prononcée, qui masque presque entièrement celle du sucre. Après avoir agité, on chauffe jusqu'à 85 ou 90 degrés centi-

grades, avec la précaution rigoureuse de ne point arriver à l'ébullition; nous insistons sur ce fait que les altérations qui se produisent dans le travail ordinaire n'ayant pas lieu ici, il n'y a pas dégagement d'ammoniaque : alors les matières étrangères au sucre sont entièrement coagulées; une portion s'élève en écumes, tandis que l'autre se précipite au fond de la chaudière; on décante la portion du liquide clair, et l'on soumet les écumes à la presse, comme d'habitude.

« Si la chaux pouvait être mise exactement dans la proportion convenable pour précipiter seulement toutes les matières étrangères au sucre, il est évident que celui-ci resterait seul dissous dans l'eau avec les sels que contient le jus végétal; mais comme dans cette opération le sucre le dispute en affinité pour la chaux avec ces matières étrangères, il passe en grande partie en combinaison avec cette base, avec laquelle il forme un saccharate, ce qui, par conséquent, indique que la quantité de chaux est suffisante et forme le caractère empirique de l'opération.

« Dans cet état, il ne reste plus qu'à dégager le sucre de cette combinaison, et pour cela nous avons recours à l'un des *réactifs connus* dans la science, propres à la précipiter; nous employons de préférence l'acide carbonique, en raison de sa production facile et économique, et de son innocuité avec le sucre; nous le produisons par la combustion d'un charbon quelconque et, après l'avoir lavé dans un épurateur, nous l'insufflons dans le jus. La chaux, au contact de l'acide carbonique, s'en empare et est précipitée à l'état de carbonate. Lorsqu'elle est saturée, ce que l'on reconnaît facilement, on porte le liquide à l'ébullition, que l'on entretient pendant quelques minutes, condition essentielle pour chasser tout l'acide carbonique en excès et détruire ainsi le bicarbonate de chaux resté en dissolution.

« On filtre alors, puis on concentre comme d'habitude; on obtient ainsi des jus qui ne se colorent plus par l'évaporation, qui ne produisent plus dans les appareils aucune espèce d'incrustation, et qui donnent des sirops d'une pureté telle qu'ils peuvent être mis immédiatement en formes, et produisent des pains de sucre pur, de bon goût et dès lors livrables au commerce, sans avoir à subir aucun raffinage.

« Les eaux mères, ou sirops verts qui s'écoulent des pains de

premier jet, sont assez pures pour pouvoir être cuites sans aucune épuration nouvelle, et donnent des deuxièmes pains presque égaux en qualité aux pains de premier jet; toutefois, comme ces sirops contiennent encore avec les sels quelques matières végétales qui, en raison de la grande dilution où elles se trouvaient, ont échappé aux réactifs employés précédemment, nous les traitons, comme nous l'avons décrit dans notre addition du 5 novembre, avec cette correction que les sirops peuvent être étendus, jusqu'à ce qu'ils marquent de 15° à 20° à l'aréomètre Baumé, et que nous portons de 10 à 15 kilogrammes environ la quantité de chaux. Le degré de concentration des sirops, de même que la quantité de chaux à employer, ne peuvent être déterminés à un chiffre absolu : ils varient nécessairement selon la nature primitive du jus.

« Les sirops verts des pains n° 2 peuvent fournir des sucres en grains de troisième jet, lorsqu'ils sont versés, après la cuite, dans des vases où ils cristallisent complétement au bout de vingt-quatre ou trente-six heures. Alors, comme les sucres ainsi traités par notre procédé ne conservent aucune saveur étrangère et se blanchissent avec la plus grande facilité, on peut les amener directement en pains n° 3, sans refonte, c'est-à-dire sans dissolution, ni clarification, ni évaporation, par un mélange avec une proportion convenable de sirop de clairçage des pains n° 1 ou de premier jet, lequel mélange est réchauffé à 85 degrés centigrades et mis aussitôt en pains qui sont alors blanchis par les procédés ordinaires. »

Tout le monde connaît le dispositif matériel adopté par les frères Rousseau, en imitation de l'appareil de Barruel, et nous l'avons décrit d'une manière très-suffisante (p. 148, fig. 18). Il est d'ailleurs complétement tombé en désuétude, et il ne remplirait pas le but que l'on recherche aujourd'hui dans la saturation. Nous ferons observer seulement qu'il ne remplissait pas convenablement le rôle pour lequel il était construit, et que les *inventeurs* avaient méconnu les règles les plus simples de la chimie industrielle dans les deux seules circonstances où ils pussent être placés, et qui sont les suivantes :

A. Ou bien la couche de charbon (*coke*) est peu considérable au-dessus de la prise d'air; il y a, dans ce cas, oxygénation à peu près complète du carbone, et production utile d'acide carbonique. Mais on est alors obligé de *recharger* souvent l'ap-

pareil ou d'en avoir plusieurs de rechange, ce qui est contre les principes de la manufacture et contre toutes les règles d'une bonne économie.

B. Ou l'on charge l'appareil d'une couche assez épaisse de charbon pour éviter l'inconvénient dont on vient de parler, et alors il n'y a *presque plus* d'acide carbonique produit, mais bien de l'oxyde de carbone, complétement inerte sur le sucrate de chaux.

On comprend aisément que l'acide carbonique, formé au contact de l'air, se *réduit* et repasse à l'état d'oxyde de carbone en traversant la couche de charbon superposée. Ce fait est depuis longtemps reconnu en dehors du procédé Rousseau.

Il y a, dans ce cas, perte inutile de charbon et de force, la saturation se fait très-lentement et difficilement.

Aujourd'hui que le procédé de Barruel a reçu la sanction d'une application générale en sucrerie, personne n'ajouterait la moindre foi aux allégations et aux affirmations que nous avons rapportées plus haut.

1° On sait que la carbonatation, même après un chaulage excessif, ne fait pas disparaître l'odeur propre de la betterave, et que, par suite de l'emploi de l'appareil Rousseau, il s'y adjoignait encore une sorte d'odeur nauséeuse spéciale, fort désagréable, provenant de l'oxyde de carbone, des principes sulfureux du coke, etc.

2° Il est parfaitement établi que la carbonatation n'élimine qu'une partie des matières étrangères au jus, et que les sirops verts et les mélasses ne sont pas sensiblement améliorés. Au moment même de l'engouement aveugle qui s'était attaché au système, dit procédé Rousseau, on était obligé d'avouer que *toutes les matières végétales ne sont pas précipitées*, bien qu'il fût nullement question des matières minérales, et surtout des alcalis dont l'influence est si pernicieuse.

3° Dès cette époque, des expériences de fabrique nous ont démontré que les jus traités par le système dit de Rousseau sont encore fermentescibles, à la température des ateliers, et surtout de l'empli et de la purgerie.

4° Les sucres bruts obtenus par le procédé dont il vient d'être question n'ont jamais dépassé la qualité de bonne ordinaire; ils étaient souvent inférieurs et ne pouvaient se soutenir

que par le noir : comme la plupart des sucres de ce type, qui ne sont pas gras ou visqueux, ils pouvaient être blanchis à la turbine par la claircе; mais cela n'a jamais évité les opérations du raffinage, malgré les promesses illusoires des intéressés.

Nous n'aurions pas cru devoir nous étendre sur l'*incident Rousseau*, à la suite du procédé Barruel, si cette discussion n'était pas indispensable pour éclairer ce point de la pratique. D'un autre côté, Walkhoff lui-même (*Rübenzucker-fabrikant*, p. 802) trouve que le mérite de la défécation de Rousseau consiste en ce que ce chimiste a conseillé de fortes quantités de chaux, bien que cet excès amenât souvent de grandes difficultés dans le travail; et il ajoute que l'application de l'acide carbonique ne lui appartient pas, puisque Kuhlmann, Schatten et d'autres l'avaient signalée et pratiquée longtemps auparavant. Après avoir rappelé, d'après nous, les travaux de Barruel, il termine en disant que le mérite de Rousseau est d'avoir remis en mémoire une bonne méthode.[1].

Nous ne partageons pas cette opinion de l'auteur allemand, et nous faisons remonter le *mérite de cette bonne méthode à Barruel, son inventeur, à M. Kuhlmann, qui a cherché à la faire sortir de l'oubli*, à ceux qui l'ont conseillée et à tous ceux qui ont protesté contre l'opération Rousseau. Nous ne reconnaissons pas au procédé Rousseau la priorité dans la fixation d'une température inférieure à l'ébullition, puisque, depuis l'origine de la sucrerie indigène, tous les chimistes et tous les praticiens se sont accordés pour adopter une température de $+75^0$ à $+90^{\circ}$ et pour repousser l'ébullition en présence de la chaux...

Le procédé de Rousseau n'a été qu'une affaire financière, dont la sucrerie a fait les frais, dont le résultat utile a été de contraindre les fabricants à s'occuper de leurs intérêts et à défendre le *bien commun* de leur industrie, dont le résultat fatal a été de provoquer l'essor d'une foule d'imitations, de plagiats, de contre-façons et de nouveaux vieux procédés. La combinaison Rousseau avait presque réussi; tous les autres spéculateurs

1. Die Anwendung der Kohlensäure... ist nicht sein Verdienst, denn sie war durch Kuhlmann, Schatten, und Andere, längst nicht nur mündlich und schriftlich} empfohlen, sondern auch praktisch vielfach angewendet worden. Basset führt sogar an, das Barruel schon 1812 dasselbe Verfahren empfohlen habe, welches von Rousseau 1849 wieder angerathen sei. Nichtsdestoweniger bleibt Rousseau das Verdienst, eine gute Methode in Erinnerung gebracht zu haben. (W. *Loc. cit.*)

En résumé, après avoir employé la chaux comme agent de défécation à basse température (?) les *inventeurs* en emploient encore de nouvelles doses, concurremment avec l'acide carbonique, comme agent d'épuration, et c'est par ces additions nouvelles qu'ils parviennent à précipiter les combinaisons solubles de chaux et de matières extractives albumineuses et autres.

Voici le fond du procédé proposé :

Introduction de 10 millièmes de chaux en lait ou en poudre dans le jus. Repos de 10 à 12 heures. Soutirage ou décantation de la liqueur. Echauffement du dépôt à + 60°, pressage.

Introducfion dans les jus de 2 à 5 millièmes de chaux nouvelle. Passage de l'acide carbonique et échauffement du liquide entre + 60° et + 100°, jusqu'à ce que la liqueur s'éclaircisse rapidement par le repos, ou que le papier de tournesol rouge ne bleuisse plus par son contact. Repos, soutirage. Transport dans d'autres chaudières. Nouvelle addition de 1 à 3 millièmes de chaux. Nouvelle carbonatation jusqn'à ce que l'acide oxalique ne dénote plus la présence de la chaux...

Les *inventeurs* ajoutent qu'ils peuvent aussi ne faire qu'un chaulage et une carbonatation, mais qu'il vaut mieux agir comme il vient d'être indiqué, pour ne pas être exposé à voir les dépôts colorés se redissoudre. Ils réclament comme leur invention :

« *Toute addition de chaux faite après les défécations, soit à basse température, soit au-dessus de quatre-vingt-cinq degrés !* »

MM. Périer et Possoz ont *trouvé* que l'alumine peut remplacer avantageusement le noir pour la décoloration, et ils conseillent l'emploi simultané de 2 ou 3 kilogrammes de chaux et de 250 à 500 grammes d'alumine hydratée par 1,000 litres de jus froid ou chaud.

Tous les observateurs désintéressés seront forcés d'avouer que les prémisses posées dans le brevet principal du 26 février 1859 sont illusoires, car l'emploi du chaulage à froid sur les jus, les pulpes ou cossettes, était de domaine public, de même que celui des autres particularités du brevet. Nous y reviendrons tout à l'heure.

Le 2 avril 1859, MM. Périer et Possoz déclarent, dans une addition à leur brevet :

1° Qu'ils peuvent se dispenser de faire déposer les jus défé-

qués à basse température, parce que le dépôt ne gêne pas notablement l'action de l'acide carbonique; mais ils préfèrent cependant leur première marche;

2° Qu'ils peuvent éviter de chauffer, *pendant* la première carbonatation, et ne chauffer qu'*après*, afin de faciliter la séparation des dépôts;

3° Que le chaulage à basse température peut être suivi, immédiatement ou après repos, par les moyens de la pratique courante, sans répétitions du chaulage et de la carbonatation...

4° Qu'ils réclament, *dans tous les systèmes*, la carbonatation par les gaz de la combustion des foyers, dont ils entendent se réserver l'application comme source d'acide carbonique et de chaleur;

5° Qu'ils cessent de revendiquer l'emploi de l'alumine pour les jus déféqués à chaud, mais qu'ils entendent conserver cet emploi pour les jus déféqués à basse température;

6° Qu'ils réclament tout particulièrement *leur* manière d'employer la chaux et l'acide carbonique...

Une deuxième addition (25 juillet 1859) organise la question chaudronnerie, la véritable question de l'affaire, le côté financier de l'opération. La sucrerie est assez riche en chaudières et en vases de toute nature pour se passer aisément de l'outillage de la trop célèbre *participation*. Nous n'en parlerons donc pas; mais nous prenons bonne note d'une déclaration par laquelle cette pièce est terminée. MM. Périer et Possoz reconnaissent: 1° que l'on a conseillé avant eux l'emploi de la chaux à froid, soit dans les pulpes, cossettes ou jus, pour éviter, dès le point de départ, les altérations du principe sucré, et que l'on a même basé un procédé sur la conservation indéfinie des jus en citernes, au moyen d'une alcalisation prononcée; 2° que l'on a observé que les jus alcalisés, avant ou après leur extraction, subissent une sorte de défécation à froid; 3° que l'on a conseillé de saturer la chaux en dissolution, dans les jus déféqués à froid, par l'acide carbonique en excès en une seule saturation; 4° que l'on a réclamé de saturer la chaux en dissolution dans les jus déféqués à chaud, c'est-à-dire entre + 85° et + 100° centigrades, tantôt jusqu'au point où la mousse tombe, tantôt jusqu'à excès (présumé) d'acide carbonique, *en remettant quelquefois de la chaux* dans les jus saturés, afin de redonner à ceux-ci une certaine alcalinité pendant l'évaporation; 5° que

l'on a conseillé d'utiliser les gaz de la combustion pour évaporer et carbonater les jus déféqués à chaud...

En conséquence de ces déclarations et de celle de la première addition, l'addition de la chaux à froid, l'emploi de l'alumine dans la défécation ordinaire, celui des gaz de la combustion, l'addition de la chaux (arbitraire) dans la chaudière à saturer, doivent être retranchés du procédé, dit de Périer et Possoz, auquel il ne reste plus, *provisoirement*, qu'un outillage coûteux et les frationnements de la chaux avec les carbonatations successives.

Un troisième certificat d'addition (8 février 1860) est relatif à la marche du travail.

Trois autres certificats n'ajoutent rien d'essentiel à ce qui vient d'être analysé sur pièces, en sorte que le débat se trouve singulièrement circonscrit. Il ne s'agit plus, pour le fabricant, des ambages multipliés dans les factums de MM. Périer et Possoz; la question est de savoir si tout le monde a le droit de se servir du procédé Michaëlis, livré au domaine public en 1855, exécuté en 1857 et 1858, ou s'il suffit d'un caprice de MM. Périer et Possoz pour leur donner le droit d'accaparer ce procédé, qui consiste essentiellement en additions successives de chaux, suivies d'élimination des dépôts, et de carbonatation, exactement comme celui dont ces messieurs s'attribuent la propriété au détriment du public. La réponse ne nous semble pas devoir soulever une seule hésitation et nous ne voyons absolument rien dans le procédé, dit de Périer et Possoz, qui puisse constituer matière à monopole.

Nous réservons, bien entendu, la question de l'outillage spécial, si tant est que la maison Cail puisse prétendre à se servir seule de cylindres, de demi-sphères, etc.

En résumé, tous les fabricants de sucre ont le droit imprescriptible :

1° De mettre de la chaux sur leurs jus, pulpes ou cossettes, en telle quantité que bon leur semble, à froid ou à chaud, et en autant de fois qu'ils le jugent à propos;

2° De saturer cette chaux par de l'acide carbonique provenant des gaz des foyers, de la combustion du charbon et de la calcination du calcaire, de ces deux moyens associés, de la décomposition des carbonates, de la fermentation, etc., c'est-à-dire d'employer l'acide carbonique de toute provenance;

3° D'ajouter de la chaux dans les jus déféqués, de séparer cette chaux par l'acide carbonique, d'ajouter de nouveau de la chaux dans les jus saturés, filtrés, débourbés ou non, de saturer de nouveau après un nouveau chaulage, de réitérer ces opérations autant de fois que bon leur semble, sans que les brevets Périer et Possoz puissent y apporter le moindre obstacle.

M. Périer et Possoz ne peuvent empêcher personne de se servir du procédé de Michaëlis, qui est du domaine public...

Nous n'en dirons pas plus sur ce sujet, sinon pour engager encore les fabricants à cesser de se courber devant des accaparements de ce genre. Tout ce qui est de domaine public dans une industrie est la propriété de tous; les individualités ne peuvent s'en emparer sans donner lieu à des réclamations légitimes, et ces réclamations sont un devoir.

Le procédé de Michaëlis, transformé en procédé Périer et Possoz, peut encore être appelé procédé de carbonatation double ou de carbonatation multiple, selon le nombre des manipulations et des fractionnements du chaulage; toutes les dénominations du monde ne changent rien à la chose essentielle qui consiste dans le fait de l'introduction de cette méthode en sucrerie en 1855, quatre ans avant le brevet Périer-Possoz.

En ce qui concerne les avantages du chaulage et des carbonatations par fractionnement et par opérations réitérées et successives, nous pouvons admettre qu'ils sont très-réels et que l'idée de Michaëlis présente une grande valeur, pourvu que, après chaque phase du travail, on élimine soigneusement les résidus. Sans cette précaution, en effet, si l'on ajoute de la chaux dans des jus, dont les dépôts de carbonatation n'ont pas été séparés, la reproduction de l'alcalinité conduit à la dissolution des principes qui ont été précipités, que l'on précipitera encore en partie, pour les redissoudre ensuite, etc. Ainsi, malgré les *lumières* de M. Possoz, la première addition (Périer-Possoz), du 2 avril 1859, contient-elle l'erreur la plus flagrante à cet égard. Le dépôt gêne l'action de l'acide carbonique et le chaulage réitéré ne conduit qu'à un travail de Pénélope, lorsque les dépôts et les précipités ne sont pas entièrement éliminés chaque fois qu'il en est produit. L'acide carbonique enlève la chaux des dépôts calciques et fait repasser à l'état soluble les matières que la chaux avait rendues insolubles; de même, le

chaulage fait passer à l'état caustique les alcalis carbonatés dans une première saturation et, sous l'influence des bases, une partie notable des matières précipitées se redissout. MM. Périer et Possoz, tout en empruntant au public le procédé de Michaëlis, ne paraissent donc pas en avoir compris la véritable portée, et ils ne semblent avoir eu pour but que de se faire un brevet tel quel, sauf à le compléter par des additions, suivant les circonstances. L'examen des détails démontre, en effet, que l'importation du fractionnement de Michaëlis n'a été autre chose qu'un prétexte à matériel, et les résultats sucriers ne sont pas si recommandables qu'on veut bien le dire.

Dans tous les sucres de la participation, turbinés, claircés, mais non lavés, on trouve, au moins, autant d'impuretés que dans les produits de la fabrication courante, et personne ne démentira de bonne foi ce fait incontestable, qui est prouvé par les analyses et par le chiffre de la réfaction des raffineurs. Nous en concluons régulièrement que la carbonatation double ou multiple est mal appliquée par MM. Périer et Possoz et que, d'autre part, l'action de la chaux, quoique répétée, est insuffisante pour produire une bonne purification des jus. On en a une démonstration palpable par les analyses de M. Possoz (p. 681), et il ne viendra à l'esprit de personne de regarder comme satisfaisante la composition d'une masse cuite, lorsqu'elle renferme 17,35 de matières étrangères sur 100 parties solides.

Procédé de Frey et Jellinek. — Si MM. Périer et Possoz ont *emprunté* au domaine public tout ce qui forme ce qu'ils appellent *leurs procédés*, les fabricants ne doivent pas moins se tenir en garde contre certaines appréciations du procédé de Frey et Jellinek, suivi en Allemagne dans beaucoup de fabriques, et dont la réputation nous paraît avoir été fort exagérée.

Le procédé de Frey et Jellinek appartient, de tous points, au domaine public, ou, dans tous les cas, il n'appartient en rien aux *inventeurs allemands*, en sorte que tout le monde a le droit de s'en servir, sans avoir à supporter aucune prime de brevet.

En effet, ce procédé consiste essentiellement à introduire dans le jus de betterave, à froid, autant de chaux qu'il faut pour former un monosucrate avec tout le sucre, puis à décomposer le sucrate dans la chaudière de défécation même, par un

courant d'acide carbonique, à une température inférieure à l'ébullition. Or, l'addition de la chaux à froid rentre dans le procédé Maumené; la proportion de cette base est du domaine public, depuis les procédés de Barruel, de Rousseau, de Maumené, etc.; la température de la défécation avait été fixée vers + 72, par M. Maumené, et la pratique courante considérait cette température comme livrée à l'appréciation arbitraire des manufacturiers. Enfin, la *carbonatation trouble*, dans la chaudière de défécation, avait été pratiquée longtemps avant Frey et Jellinek (1863), sur les indications de M. Kuhlmann et d'autres chimistes.

Il n'y a donc absolument rien de personnel à MM. Frey et Jellinek, dans le procédé qui leur est attribué, sinon certaines dispositions d'outillage parmi lesquelles nous indiquerons seulement la forme de leur chaudière (fig. 149).

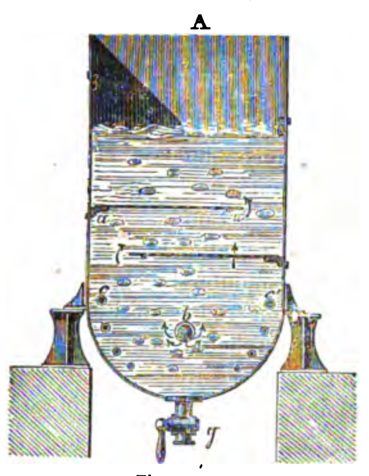


Fig. 149.

Cette chaudière, très-profonde relativement à son diamètre, est munie de diaphragmes intérieurs, disposés en chicane, et cette disposition favorise l'action du gaz en le divisant dans la masse liquide. Les dépôts s'y font bien et la décantation se produit avec une grande facilité.

A propos de ce procédé, qui serait tout à fait inapplicable sans le secours des filtres-presses, nous mentionnerons une idée originale de Walkhoff. Cet habile spécialiste a pensé

à injecter le gaz carbonique dans les jus, à l'aide d'une disposition qui rappelle celle de l'injecteur de Giffard. La figure 150 représente la disposition adoptée par Walkhoff. La vapeur, ar-

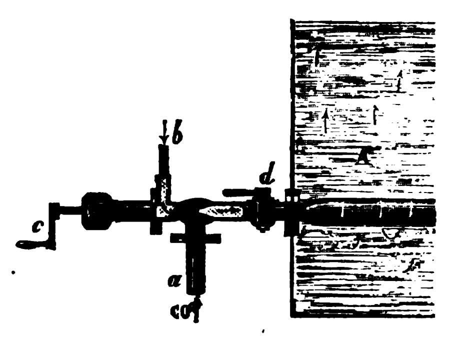


Fig. 150.

rivant en *b*, par une ouverture plus ou moins grande, réglée par la manivelle *c*, et le robinet *d* étant ouvert, le gaz carbonique, introduit par *a*, est entraîné par le courant de vapeur et disséminé dans le liquide à saturer. Cette disposition n'a pas été adoptée en France, bien que l'auteur allemand la recommande par la modicité du prix, la simplicité de l'agencement et la continuité de l'action.

Au point de vue de la pratique du procédé Frey et Jellinek, bien que Jellinek fasse ajouter la chaux dans le jus chauffé à + 30° en moyenne, on a trouvé qu'il est préférable d'ajouter la chaux à froid, puis de chauffer le jus vers + 55° en présence de la chaux, avant d'introduire le gaz. Il résulterait, de cette modification, une destruction plus complète des matières azotées.

Il paraît démontré que la carbonatation trouble enlève au jus plus de matières étrangères que la méthode courante. Nous ne contestons pas ce résultat, surtout lorsque la carbonatation est un peu retardée et que le jus chaulé est chauffé ; mais on perd plus de sucre dans les écumes et les dépôts qui s'élèvent au chiffre de 8 à 9 0/0, au lieu de 3 0/0. On dépense une quantité de chaux très-considérable, qui s'élève jusqu'à 25 millièmes du jus, et le procédé ne semble pas applicable avantageusement aux racines altérées, qui renferment du glucose, et dont le jus se colore fortement sous l'action des alcalis et de la

éhaux. A notre sens, la destruction d'une plus grande quantité de matières azotées est le seul avantage que l'on puisse obtenir de ce procédé, et cet avantage ne nous paraît pas compenser les inconvénients qui en résultent. Cette pratique ne peut éliminer les alcalis que l'on sera toujours obligé de transformer, si l'on veut en paralyser l'influence; elle laisse encore dans les jus la moitié des matières organiques étrangères, lorsque l'on peut, par l'action des astringents, éliminer complétement les substances azotées et réduire la proportion de la chaux nécessaire à trois ou quatre millièmes.

Procédé Pesier. — L'auteur de ce procédé, versé dans la chimie sucrière, s'est trouvé séduit par les effets remarquables que détermine l'alcool dans un jus sucré. Afin d'éviter l'emploi fort coûteux d'une trop grande quantité d'alcool, M. Pesier agit sur les jus concentrés à 50 0/0 de richessse, et il y ajoute de l'alcool à 90° dans la proportion d'un volume triple de celui du jus. Il se forme rapidement un précipité très-coloré que l'on sépare; le sirop restitue l'alcool par la distillation, et subit ensuite la cuite. Les dépôts sont lavés à l'alcool...

Nous ne soulèverons pas même la question de prix de revient à propos de ce procédé. Il nous semble évident que l'on pourra toujours recouvrer la presque totalité de l'alcool, et que, sous ce rapport, les craintes émises par quelques personnes ne sont pas fondées. Mais l'alcool est-il, *en réalité*, un agent certain de purification dans le cas présent, et ses *effets apparents* sont-ils assez complets pour qu'on puisse en conseiller l'emploi dans la pratique sucrière? Nous ne le pensons pas, et voici les raisons qui dictent notre opinion. Nous avons trouvé que l'alcool ne précipite que du cinquième au quart des substances organiques du jus; qu'il sépare tous les sulfates et un grand nombre de sels métalliques, et qu'il décolore beaucoup les jus en traitement. Mais on sait que les alcalis sont solubles dans ce menstrue, ainsi que nombre de sels minéraux. Le travail produit nous semble fort incomplet, et nous croyons que ce procédé appelle encore de nouvelles recherches et des modifications radicales, avant de devenir applicable.

Il ne sera pas inutile, à propos du procédé de M. Pesier, de reproduire ce que nous écrivions, au sujet de l'emploi de l'alcool en sucrerie, dans la première édition de cet ouvrage. Notre

manière de voir n'a pas changé depuis lors, et les faits se sont chargés de démontrer la justesse de notre appréciation.

« L'emploi de cet agent n'est pas plus chose nouvelle que beaucoup d'autres, et il date de l'origine de l'industrie sucrière indigène. On a cherché depuis quelque temps à le *ressusciter*, et nous croyons de notre devoir d'éclairer la fabrication et la raffinerie sur sa valeur réelle. On a engagé dans cette affaire des intérêts considérables; mais ce n'est pas une raison pour que nous transigions avec les exigences de la conscience et de la vérité. Quelles sont les conséquences, quels sont les résultats possibles en sucrerie par l'emploi de l'alcool?... Cette question doit avant tout préoccuper les hommes de pratique, et ils ne seraient pas excusables, s'ils se jetaient tête baissée dans une voie de mécomptes, sans l'avoir résolue. Pour l'apprécier convenablement, on doit la scinder et se demander : 1° quelle est la valeur de l'emploi de l'alcool en sucrerie; 2° quelle est cette même valeur en raffinerie?

« *De l'emploi de l'alcool en sucrerie.* — Les partisans de cette méthode sont placés dans l'une ou l'autre des conditions suivantes : ou bien ils emploieront l'*alcool absolu*, ou ils se serviront d'*alcool* plus ou moins *hydraté*; ou bien ils agiront sur la matière première normale, ou sur cette même matière sèche... Dans l'une ou l'autre de ces circonstances, l'emploi de l'alcool est aussi absurde que peu industriel, et nous allons le démontrer. En effet, on ne peut se servir d'alcool absolu pour extraire le sucre cristallisable des matières saccharines sèches, puisque, dans ce cas, ce menstrue n'en dissoudrait pas à froid, et qu'il n'en dissoudrait pas à chaud une quantité suffisante. Le prix de revient élevé de cet agent force, en outre, à réfléchir sérieusement, quand même il serait applicable, ce qui n'est pas et ne peut pas être. Si on le fait agir sur la matière prise à l'état normal, il cesse d'être absolu, car il s'hydrate en se mêlant à l'eau de végétation et, dès lors, il doit être considéré comme de l'alcool ordinaire. Le cas de l'alcool absolu n'est donc pas même discutable en fabrication, Reste maintenant l'emploi de l'alcool aqueux.

« Supposons que l'on se serve d'alcool à 85 degrés centésimaux pour extraire le sucre des matières normales ou sèches qui le contiennent. Que va-t-il se passer?... Cet alcool, agis-

sant sur les substances normales, n'aura ni plus ni moins d'action que l'eau employée comme dissolvant, car il se chargera d'une quantité d'eau progressive telle, qu'il ne sera bientôt plus que de l'eau alcoolisée. Il aura le désavantage de dissoudre plus de matières colorantes et de substances grasses que l'eau elle-même, il ne dissoudra pas plus de sucre, il emportera également les sels alcalins, les plus nuisibles de tous, et l'on n'échappera pas à la nécessité de la défécation. Cette application aura eu simplement pour résultat d'augmenter les frais d'extraction de la matière sucrée. Ces frais seront augmentés de la perte d'une portion de l'alcool, qui restera dans la matière, ou qui s'évaporera dans les opérations, d'une autre perte subie à la rectification, des frais de cette rectification elle-même et, enfin, de la rente d'un capital employé inutilement et en pure perte. Le seul avantage qu'on y trouverait, c'est que les moûts sont soustraits à l'influence de la fermentation, à condition qu'ils continssent de 25 à 30 pour 100 d'alcool. Cet avantage est bien minime, proportion gardée, et il ne peut établir la balance avec ce que nous avons signalé d'inconvénients positifs, qui ne permettent pas de songer à utiliser cette méthode.

« Il convient maintenant de l'examiner avec soin pour le cas où l'on agirait sur des cossettes, c'est-à-dire sur de la matière soumise à une dessiccation préalable. Supposons que nous avons affaire à 1,000 kilogrammes de cossettes de betteraves, contenant :

Sucre	636,364
Cellulose, etc	48,485
Albumine, etc	90,909
Sels	224,242
Total	1000,000

« Si nous employons, pour extraire les 636^{k},364 de sucre, de l'alcool à 85°, cet alcool ne dissolvant que 25 pour 100 de son poids de sucre, il nous en faudra 2546^{k},456 pour épuiser la matière, et nous n'aurons d'autre moyen d'éviter cette proportion énorme que de nous servir d'alcool beaucoup plus faible; mais alors, nous serons en face d'une autre conséquence, savoir que, plus l'alcool employé sera faible et aqueux, plus il se raprochera de l'eau, et moins il présentera les propriétés de l'alcool.

« Admettons un instant l'emploi de l'alcool à 85°; nous enlèverons le sucre et la plus grande partie des sels, cela est vrai, mais nous aurons aussi les matières colorantes, grasses, etc. Si nous faisons évaporer en vase clos pour recueillir l'alcool, notre produit sirupeux sera presque aussi impur qu'un sirop venant d'un moût non déféqué; si nous déféquons préalablement le moût alcoolique, nous augmentons notre perte en alcool... Le sucre brut obtenu retiendra opiniâtrément une odeur désagréable de provenance, à moins que nous ne nous servions d'alcool très-fin, ce qui augmenterait notablement les dépenses. Le sirop cuit à basse température conservera au moins un dixième de son poids d'alcool qui sera absolument perdu, sans parler de celui qui sera resté, malgré les lavages, dans la portion insoluble des cossettes. Nous retirerons un sirop à 42°, composé de 636,364 de sucre, 112,121 de sels[1], ce qui n'est pas exagéré, et d'environ 254,545 d'alcool aqueux. Un tel sirop ne pourra nous donner du bon sucre, et le produit sera toujours gras, peu nerveux, à raison de l'excès relatif des sels. Il sera aussi coloré au moins que par les méthodes les plus vulgaires, et nul avantage sérieux ne viendra compenser notre dépense, qui se composera des éléments suivants :

« 1° La rente du prix vénal de l'alcool;

« 2° La rente des droits de consommation payée au fisc;

« 3° La valeur vénale de l'alcool perdu dans les sirops et résidus;

« 5° La valeur entière des droits de consommation pour ce même alcool perdu;

« 5° La différence de plus-value des appareils spéciaux;

« 6° En outre, les frais de division en cossettes et de dessiccation de la matière première.

« Ainsi, nous aurons augmenté les frais d'extraction de tous les éléments qui précèdent, et nous n'aurons obtenu qu'un produit de valeur à peine égale, sinon inférieure. Nous ne parlons pas du prix de la matière première, qui reste le même; mais nous ne pensons pas que la défécation ordinaire et la filtration sur le noir animal soient aussi coûteuses que ce procédé incomplet. Il est évident que, plus l'alcool employé sera d'un titre élevé, moins il aura d'action dissolvante sur le sucre,

1. Moitié du poids des sels, attribuée aux sels alcalins.

et plus il faudra en employer; plus, au contraire, l'alcool sera faible et aqueux, moins grande sera la quantité nécessaire, mais plus l'action de cet agent se rapprochera de celle de l'eau. On ne peut vraiment concevoir quel est le but que se sont proposé d'atteindre les personnes qui ont préconisé cette méthode, à moins que l'on n'y voie seulement une spéculation hasardeuse sous l'enveloppe transparente d'un mauvais procédé.

« L'alcool hydraté ne dissout pas le ligneux, l'albumine, quelques sels...; il dissout l'eau, le sucre cristallisable, le sucre liquide, plusieurs sels alcalins... C'est en présence de cette raison que nous avons dû modifier le procédé analytique de M. Péligot, ainsi que nous l'avons indiqué. Dans le procédé de cet habile observateur, on est, en effet, conduit à des résultats trop élevés, puisque, dans le poids du sucre, dosé par différence, on compte celui de la matière grasse, de la substance colorante, de plusieurs sels, etc. »

Nous verrons, plus tard, dans l'étude spéciale du raffinage, comment on peut juger l'application de l'alcool à la purification des sucres.

Procédés relatifs à la conservation des jus. — A vrai dire, pour le fabricant de sucre qui possède à fond les principes de son industrie, il n'y a qu'un seul procédé de conservation des jus auquel on puisse accorder une juste confiance. Ce procédé est celui de M. Maumené, dont il a été parlé plus haut en le rapportant à l'extraction. Tous les autres sont ou incomplets ou nuisibles. Ils sont basés sur l'emploi de l'acide sulfureux ou des sulfites, et nous les passerions sous silence de la manière la plus absolue, sans le tapage que l'on a cherché à faire autour de ces moyens empiriques.

En 1810, Proust préconisait l'emploi de l'acide sulfureux pour la purification des jus. En 1811, M. Drapiez traite les jus par l'acide sulfureux (p. 395). En 1812, Perpère n'éprouve que des insuccès avec le même agent. Nous avons décrit le procédé de M. Dubrunfaut (1829) et l'on peut voir, par ces quelques lignes, que l'emploi de l'acide sulfureux et des sulfites ne brille pas, du moins par la nouveauté.

Sans nous arrêter à la tentative de Stollé (1838) pour le traitement des jus par le bisulfite de chaux, ni au *procédé Boutin* (1846), qui avait pour base l'emploi du sulfite d'alumine et qui

ne différait guère du *procédé Jacquemart* pour l'emploi du même agent, nous nous occuperons seulement du procédé de Melsens, qu'il nous semble utile d'étudier sommairement.

Procédé Melsens. — Bien que ce procédé n'appartienne pas à M. Melsens, à quelque titre que ce soit, comme le fait ressort de ce qui précède, nous en disons quelques mots, afin de mettre sous les yeux des fabricants les circonstances principales de ce qui forme le *travail* de l'inventeur belge.

Nous venons de voir que c'est encore ici une idée de vieille date, et que tous les fabricants ont le droit de la mettre en usage, à la seule condition légale de n'employer ni les appareils ni les conditions particulières constituant l'*invention* de M. Melsens.

Ce procédé se retrouve en principe et en fait dans la communication faite à la Société d'encouragement, *le 20 février* 1811, par M. Drapiez, pharmacien à Lille. On lit, en effet, dans une note de l'auteur :

« Depuis longtemps j'avais cherché, dans la décomposition de plusieurs réactifs, les moyens d'oxyder la matière extractive sans porter atteinte à la masse sucrée. De toutes les substances employées à mes essais, il n'y eut que les acides nitreux et *sulfureux* qui répondirent parfaitement à mon attente ; *je donnai la préférence au dernier*, parce qu'il est moins cher, et qu'il offre plus de facilité à séparer le peu d'acide qui, pendant l'opération, non-seulement se refuse à la décomposition, mais encore se sature complétement d'oxygène.

« *M. Proust vient tout récemment de proposer l'usage de la combinaison de cet acide avec la chaux, pour la purification et le blanchiment du moût de raisin. Je vais faire l'application de ce procédé au suc de betterave...* »

Nous ne pouvions, dans l'intérêt des fabricants et de la vérité, omettre de rappeler ce fait, dont nous laissons à chacun l'appréciation.

Le procédé de M. Melsens consiste donc à ajouter, soit à la pulpe, soit au jus, 8 litres de solution de *bisulfite de chaux* à 10° Baumé par 100 kilogrammes de betteraves ou leur produit. Le résultat donne des produits blancs, mais plus impurs que les produits colorés ordinaires, plus difficiles à raffiner et plus *gras*. Ajoutons que la cuite des sirops reste très-difficile, que

l'on perd sur la quantité de sucre cristallisable, lequel conserve une odeur sulfureuse très-désagréable.

Ce procédé a trouvé des partisans aux Etats-Unis et dans quelques contrées du nouveau monde, où l'on emploie des proportions beaucoup plus fortes de bisulfite. M. Melsens avait commencé par le chiffre de 2 0/0, et quelques fabricants vont aujourd'hui jusqu'à des chiffres exorbitants.

Cette méthode n'a pas rencontré beaucoup de faveur dans la fabrication française.

Nous ne partageons pas l'opinion émise par M. Payen, qui espérait un bon emploi du procédé Melsens, aux colonies, pour prévenir la fermentation. « Il suffirait, dit-il, de plonger dans la solution de bisulfite le bout des cannes à l'instant où l'on vient de les couper... » Ceci ne nous paraît pas suffisant pour empêcher la fermentation dans le parc aux cannes et, d'un autre côté, puisque l'emploi du bisulfite de chaux donne de mauvais sucre en Europe, il n'y a pas de raison pour que les fabricants des colonies aient à se servir d'un procédé dont les résultats sont défavorables.

Il fallait une certaine audace d'esprit pour reprendre, en 1849, une idée fausse, dont les conséquences avaient été exclusivement mauvaises; mais la masse du public est ainsi faite que les *cymbales retentissantes* l'attirent toujours. Les promesses prestigieuses de M. Melsens ont eu plus de pouvoir que la raison; au lieu de vérifier avant de croire, ce qui eût été rationnel, au lieu de chercher dans les notions de chimie les plus simples les motifs de méfiance que l'on doit avoir contre l'emploi de l'acide sulfureux et des sulfites, on préféra croire d'abord, parce qu'on espérait de grands avantages, sans comprendre les lois qui s'opposent à leur réalisation.

« Melsens, dit Walkhoff, reprit de nouveau ce sujet en 1849; il obtint également un brevet, et il frappa les gens spéciaux d'un grand étonnement, à l'occasion de *son nouveau procédé*, qui devait fournir des résultats bien plus beaux, à l'aide d'une température plus basse, en sorte que, de tous les pays, on accourut au laboratoire du *célèbre* professeur. »

Tout le secret de l'affaire est dans ces quelques lignes. On prend un brevet sur un point non brevetable; on annonce à grand bruit que, par suite d'une modification à soi, on obtient des résultats splendides, et le *client* accourt...

Voilà un de ces faits trop nombreux qui encombrent l'histoire de la sucrerie, et qui démontrent une fois de plus la nécessité absolue d'une instruction sérieuse pour nos jeunes industriels. Si les manufacturiers savaient ce qu'ils doivent savoir, ils ne se laisseraient jamais prendre à des piéges de ce genre.

1° M. Melsens n'est pour rien dans l'emploi de l'acide sulfureux ou des sulfites. Il a tout simplement emprunté ce qui est à tout le monde, depuis 1810, n'a rien amélioré, rien donné; mais il a beaucoup promis.

2° Il ne pouvait, d'ailleurs, tenir ses promesses, et l'acide sulfureux ne pouvait être un meilleur agent entre ses mains qu'entre celles de gens habiles, tels que Drapièz, Derosne et autres. M. Melsens ne peut pas empêcher ce qui est d'être, et les lois chimiques ne sont pas complaisantes.

3° Or, l'acide sulfureux décolore les matières colorantes en s'y combinant sans les détruire (Pelouze et Fremy, t. 1, p. 384), en sorte que la neutralisation ultérieure fait reparaître la coloration. Il en résulte que les jus traités par cet acide fournissent des sirops aussi colorés que par tout autre procédé, ce qui est conforme à l'expérience.

4° D'autre part, l'acide sulfureux est très-oxydable en présence de l'air et des matières organiques, en sorte qu'il se produit toujours de l'acide sulfurique, même à basse température, et que l'on détruit du sucre lorsqu'on se sert de cet agent.

5° Tous les sulfites dégagent leur acide sulfureux, lorsqu'ils sont mis en présence d'acides qui ont une affinité suffisante pour leur base. Or le sulfite de chaux, en présence des acides des jus et des vesous, abandonne son acide sulfureux, puisque la plupart de ces acides peuvent former des sels insolubles avec la chaux du sel. Ce résultat passe du simple au double lorsqu'on emploie un bisulfite.

6° Dans tous les cas, il se forme des sulfates alcalins, puisque tous les sulfites solubles passent à l'état de sulfates au contact de l'air. Cette réaction est encore plus sensible avec le bisulfite qu'avec les sulfites neutres, en sorte que le résultat forcé du procédé de Proust, *recueilli* par M. Melsens, est d'augmenter les matières minérales des masses cuites, sans parler de la destruction partielle du sucre, de la coloration des sirops et de leur mauvaise odeur.

Ces données permettent aux fabricants de faire toutes les vérifications utiles à l'appréciation de ce procédé.

Procédés de transformation des alcalis. — La difficulté de l'élimination réelle, méthodique et économique, des alcalis des jus, a fait songer, par une transition logique et naturelle, à se contenter d'une simple transformation chimique de ces bases en sels inoffensifs, dépourvus d'action nuisible sur le sucre, et n'en entraînant qu'un minimum dans les eaux mères. Plusieurs procédés ont été proposés pour opérer cette transformation, et les principaux de ces procédés vont être l'objet d'une description succincte.

Procédé Michaëlis. — Il a été dit quelques mots de ce procédé qui consiste à ajouter du chlorure de calcium aux jus chaulés, afin de transformer en chlorures alcalins les alcalis libres et certains sels de ces bases. Michaëlis se fondait sur une idée juste, admise par tous les observateurs, celle de l'action nuisible des alcalis sur le sucre et, en outre, sur la propriété qu'ils présentent de dissoudre plusieurs matières étrangères. Il en concluait qu'en transformant ces bases en composés inactifs sur le sucre, on favoriserait la cuite... Cela est vrai ; mais le choix de l'agent employé n'est pas heureux. Les cuites, à la vérité, ont été rendues plus faciles par l'addition de 1,500 à 1,600 grammes de chlorure de calcium par mille litres de jus ; mais Michaëlis lui-même fut amené à conseiller de n'employer de cet agent que la moitié de la quantité théorique nécessaire à la transformation des alcalis.

Il paraît assez difficile de se faire une idée exacte de ce qui se passe dans les jus sous l'empire de cette réaction. Cependant, en fin de compte, on est obligé d'admettre que les mille grammes de chlorure de calcium CaCl donneront lieu à la formation d'une quantité équivalente de chaux et de chlorure alcalin. Or mille grammes de chlorure de calcium, représentant 558 grammes de chlore, en chiffres ronds, correspondent à l'immobilisation de $558 \times 9{,}6457 = 5^{k},382{,}20$ de sucre prismatique (p. 56 et 57). Il ne semble donc pas rationnel d'admettre en fabrication une méthode par laquelle plus du vingtième du sucre serait engagé dans les mélasses.

Ce procédé, essentiellement localisé en Allemagne, n'a pas

tenté les fabricants français, et l'on ne saurait trop les féliciter de cette prudence.

Procédé Siemens et Breunlin. — Le chlorure d'aluminium a été indiqué dans le but de créer un pendant au procédé de Michaëlis. L'addition de chlorure d'aluminium dans le jus chaulé transforme la chaux en chlorure de calcium et les alcalis en chlorures alcalins. L'alumine libre décolore la liqueur.

Le plus simple bon sens et la connaissance la plus superficielle des faits suffisent pour engager à repousser toute pratique dont le résultat est de fixer le chlore dans les jus, d'augmenter la proportion des sels dans les sirops, et d'engager une plus forte proportion de sucre dans les mélasses. Or, le procédé dont nous parlons conduit invinciblement à ces conséquences désastreuses, et il ne peut pas même être employé avec autant de sécurité que le procédé de Michaëlis. En effet, le chlorure d'aluminium $Al^2 3Cl + (HO)^n$ est à réaction fortement acide, et il ajoute, aux inconvénients résumés ci-dessus, le danger de transformation, auquel il expose une partie du sucre.

Procédé Périer et Possoz. — MM. Périer et Possoz ont arrangé à leur usage le procédé de Michaëlis, relatif au fractionnement de la chaux... Jaloux, sans doute, d'appliquer la chimie sucrière dans tous ses détails et d'utiliser, à tout faire, les moyens indiqués par leurs devanciers, ils *donnent* à l'industrie des sucres, dans un autre brevet, des conseils et des avis relativement à la neutralisation des alcalis contenus dans les jus saturés. C'est à dessein que nous employons ici le verbe *donner*, car nous ne pouvons supposer aux inventeurs l'intention de *vendre* ce qui fait l'objet de ces conseils :

Pour neutraliser les carbonates alcalins en totalité ou en partie, il faut *employer des acides et particulièrement de l'acide sulfureux pur, ou mélangé à d'autres acides, à l'état de gaz ou de dissolution, ou en combinaison à l'état de sulfites* (*!*)...

Nous ne ferons qu'une remarque à propos de tout cela : Est-il suffisant qu'il convienne à MM. Périer et Possoz de breveter une fantaisie quelconque, la première bizarrerie qui leur plaît, ou qui peut devenir, fructueusement pour eux, une entrave aux méthodes manufacturières connues, pour que ce caprice acquière force de loi? L'envie qu'ils manifestent de prendre l'acide

sulfureux et les acides, ainsi que les sulfites, peut-elle, en quoi que ce soit, diminuer les droits du public et la propriété commune? Peut-elle effacer la trace des données de tous les chimistes, les travaux de Proust, de Drapièz, etc.? Non évidemment, et l'on est forcé d'admettre que les auteurs de ces belles choses ont voulu appeler l'attention du public sur des faits qui leur en ont paru dignes, que, pour *donner gratuitement* leurs conseils à la fabrication, ils ont poussé la générosité patriotique jusqu'à s'imposer le payement d'un droit annuel sous forme de prime de brevet, et qu'on ne doit voir, dans leurs agissements, qu'une façon détournée de provoquer l'expérimentation des manufacturiers, par une feinte prohibition. On sait l'attrait de ce qui est défendu... Si notre hypothèse n'est pas conforme à la réalité, et que MM. Périer et Possoz aient songé à s'approprier l'emploi des acides, de l'acide sulfureux et des sulfites pour la neutralisation des bases après la saturation, nous ne comprenons pas qu'ils se soient arrêtés en si beau chemin, et qu'ils n'aient pas renfermé dans leurs brevets *l'ensemble de tous les procédés manufacturiers et de toutes les réactions chimiques, utiles à leurs intérêts, ou pouvant être utiles à ces mêmes intérêts dans un temps donné;* cela eut été plus net et l'on aurait su immédiatement à quoi s'en tenir, sans que les inventeurs eussent pris la peine d'écrire des factums aussi longs que fastidieux.

Pour prouver que nous sommes dans le vrai sens de la question et que les auteurs des procédés dont il s'agit tiennent à tout prendre, en général, il suffit de s'en rapporter à leurs expressions et à leur manière de ne rien *spécifier* afin d'être toujours prêts à *réclamer*. C'est ainsi que, en brevetant un mode de séparation des matières azotées, *ils évitent de les dissoudre en les coagulant par la chaleur ou par un agent coagulant...* Il est bon de savoir que la loi française exige plus que cela, et que des brevets obtenus ainsi sont nuls de plein droit, car une telle description ne mentionne aucune application nouvelle d'idées nouvelles ou déjà connues et, en outre, elle ne décrit rien.

Devons-nous dire que MM. Périer et Possoz brevètent l'enlèvement des écumes supérieures, à la défécation, et qu'ils veulent s'approprier une pratique sucrière qui remonte aux temps les plus reculés. On ne croirait pas à de semblables choses si on ne les voyait pas, et cette prétention se trouve établie dans

une addition du 4 novembre 1863, dont nous avons le texte sous les yeux. Les fabricants de sucre doivent comprendre, sans doute, que rien de tout cela n'est sérieux et ne peut être regardé comme un obstacle; mais les faits sont là et il nous a paru utile de les consigner ici, pour donner, à toutes les personnes qui étudient la sucrerie, un exemple frappant des aberrations que l'on rencontre dans cette étude.

Nous revenons aux alcalis du jus. MM. Périer et Possoz ne se contentent pas de neutraliser l'excès de ces alcalis carbonatés à l'aide des acides, et de l'acide sulfureux ou des sulfites, etc.; et ils vont plus loin. Selon eux, les sirops visqueux et de cuite difficile perdent leur viscosité par l'addition des carbonates alcalins!... Ainsi, quand on juge que les jus renferment trop d'alcalis, on les traite par les acides; quand ils n'en tiennent pas assez, on en ajoute sous la forme du carbonate de soude, qui est préféré par les inventeurs. Rien n'est plus simple. Il est vrai que tout cela est de domaine public, que ces manières de faire ont été étudiées et critiquées cent fois depuis l'origine de la sucrerie; mais cette futile circonstance n'empêche pas de breveter d'abord, même une absurdité, sauf à voir. En ce qui concerne les carbonates alcalins et, notamment, le carbonate de soude, dont les brevetés prescrivent un kilogramme par mille litres de jus (ou par 100 kil. de sucre), nous ne relèverons pas la non-valeur du conseil et nous ne reviendrons pas sur les effets désastreux d'une pratique aussi pernicieuse que l'alcalisation des jus. Nous nous contenterons de dire que cette même pratique n'appartient pas à MM. Périer et Possoz, pas plus que l'emploi de l'acide sulfureux, etc.; et que, sans rappeler les trop nombreux inventeurs qui ont eu la même idée, le noir épurant de M. Leplay introduit également les alcalis carbonatés dans les jus.

Transformation des alcalis en phosphates. — L'emploi de l'acide phosphorique et des phosphates solubles a été suffisamment indiqué, pour que nous n'ayons plus à insister sur la valeur de ces agents, les seuls, peut-être, auxquels on puisse avoir recours pour la transformation des alcalis en sels inoffensifs.

La grande objection des antagonistes du phosphatage des jus repose sur la nécessité conventionnelle de la présence

d'une certaine alcalinité dans les jus. Il y a été répondu. Quant aux critiques de Stammer, lequel prétend que le phosphate acide de chaux contient toujours un excès d'acide sulfurique, que la préparation du phosphate de chaux est embarrassante, etc., il n'est pas difficile de voir que les objections émises ne reposent sur aucune observation précise. En ce qui concerne la transformation des alcalis en phosphates, on conçoit que cette transformation ne peut avoir lieu qu'après l'élimination complète de la chaux et que, pour la régularité du procédé, il importe d'être assuré de la transformation totale. Or, l'emploi des phosphates acides donne un indice certain, puisque le passage du papier bleu de tournesol au rouge violet indiquera toujours un léger excès, par lequel on aura la certitude d'une réaction bien nette. Comme cette acidité ne peut subsister sans danger dans la suite des opérations, il convient de la neutraliser d'une manière absolue, si l'on veut obtenir tous les avantages du phosphatage.

On peut employer, pour cette neutralisation, le carbonate de chaux forcément pulvérisé, mais il est préférable de l'opérer par l'action de l'ammoniaque.

Ce mode de faire est très-simple et nous en résumons les termes : élimination aussi complète que possible de la chaux par le gaz carbonique, afin de n'avoir à dépenser qu'un minimum de phosphate ; introduction du phosphate acide de chaux dans le jus saturé, clair, décanté, jusqu'à production d'une *très-légère* acidité ; *neutralisation* par un peu d'ammoniaque ; ébullition, décantation, filtration et concentration...

Le phosphate d'ammoniaque est d'un excellent emploi, mais il est trop cher et ne donne par l'indice de la réaction. Il convient de se borner au phosphate acide de chaux comme plus économique, pourvu que l'on s'astreigne à atteindre la neutralisation absolue.

Procédé Reynoso. — M. Alvaro Reynoso, l'auteur d'un ouvrage estimable sur la canne [1], propose de séparer la chaux par le phosphate d'alumine. Ce procédé n'a rien de bien neuf, mais il est excellent en principe théorique. Le biphosphate se décompose; la chaux passe à l'état de phosphate ba-

1. *Ensayo sobre el cultivo de la caña de azucar*, Madrid, 1865.

sique insoluble; les alcalis sont transformés en phosphates inoffensifs et l'alumine, mise en liberté, agit comme un décolorant très-énergique. La seule réserve à faire consiste en ce que le précipité aluminique est très-volumineux et que la marche suivie par M. Reynoso n'est pas calculée pour éviter cet inconvénient. Nous l'avons modifiée avantageusement par la saturation préalable de la chaux à l'aide de l'acide carbonique.

Cette saturation doit laisser assez d'alcalinité dans les jus pour que l'action du phosphate aluminique soit sensible et elle est très-suffisante lorsqu'il reste un millième à un millième et demi de chaux dans les jus. Le phosphate d'alumine est d'un bon usage dans ce cas et cet agent sera d'un très-bon emploi pour tous ceux qui voudront se débarrasser du noir d'os, qui est le fléau de la sucrerie. En sucrerie agricole, les jus tannés, n'exigeant que trois millièmes de chaux, sont parfaitement décolorés par le phosphate d'alumine, dont l'emploi est, d'ailleurs, de domaine public. Il ne peut offrir de facilité dans le travail que sous la réserve dont il vient d'être parlé; sans cela les dépôts seraient trop abondants et se précipiteraient trop lentement.

M. Dominique a proposé le même procédé. Nous insistons sur ce fait que l'application du phosphate d'alumine est de droit commun. S'il en était autrement, le brevet Dominique serait nul de plein droit, puisque la priorité appartiendrait à M. Reynoso.

IV. — PROCÉDÉS RELATIFS AU TRAITEMENT DES RÉSIDUS.

Rien de définitif ne semble encore avoir été fait dans ce sens, au moins pour ce qui concerne l'extraction du sucre contenu dans les mélasses.

Procédé Margueritte. — Ce procédé paraît fort rationnel. Voici en quoi il consiste. L'auteur commence par mélanger de l'alcool à 85° avec 5 0/0 d'acide sulfurique, puis il fait dissoudre dans ce menstrue ainsi acidulé de la mélasse à 45° B. Les bases sont transformées en sulfates qui sont insolubles dans la liqueur alcoolique. Le dosage est d'un kilogramme de mélasse pour un litre d'alcool acidulé. On sépare les sulfates par filtra-

tion. On ajoute alors à la liqueur sirupeuse, contenant tout le sucre, de l'alcool à 95°, dans la proportion d'un litre pour le dosage ci-dessus.

Le sucre cristallise en 8 à 10 jours, bien qu'il commence à se déposer aussitôt après l'addition de l'alcool concentré. M. Margueritte, pour abréger le temps de la cristallisation, ajoute 500 grammes de sucre en poudre afin de sursaturer la solution. Il obtient ainsi la cristallisation en six heures, et il peut retirer jusqu'à 0,38 ou 0,40 de sucre de la mélasse. Le produit est lavé par l'alcool à 95° et les eaux mères restituent l'alcool par distillation.

Il est clair que l'on peut soulever des objections contre ce procédé, en les basant sur la quantité considérable d'alcool à employer. Nous ne pensons pas, cependant, que les difficultés qu'il présente soient insurmontables, et il existe des appareils de distillation assez parfaits pour restituer l'alcool d'une manière très-économique et sans perte sensible. L'ensemble du procédé Margueritte inspire une certaine confiance à l'observation et il est, certainement, préférable à beaucoup d'autres, dont les auteurs se sont appuyés sur des faits moins précis.

Procédés barytiques. — L'histoire de ces procédés semble avoir été embrouillée à dessein, et il n'est pas sans utilité de la rétablir dans son intégrité.

M. Péligot avait découvert les propriétés du sucrate de baryte. MM. Dubrunfaut et Leplay songèrent, vers 1843, à extraire le sucre des mélasses épuisées, en transformant ce sucre en sucrate de baryte. Voici leur procédé. Le carbonate de baryte était calciné avec 0,4 de charbon dans un four à réverbère. Le produit, repris par l'eau bouillante, fournissait une dissolution de baryte hydratée. Cette dissolution était ajoutée à la mélasse, de manière à fournir au sucre un équivalent de baryte et, en outre, un excès qui pût saturer 15 à 16 grammes d'acide sulfurique par litre.

Comme le sucrate de baryte est assez soluble dans l'eau, mais très-peu soluble dans l'eau saturée d'hydrate de baryte, on comprend facilement la raison pour laquelle on emploie cet excès de réactif. D'autre part, ce sucrate n'est pas plus soluble à chaud qu'à froid; mais la formation en est instantanée à + 100°, tandis qu'elle est plus ou moins lente à la tempéra-

ture ordinaire (24 heures environ). On procède donc plus rapidement à chaud. Lorsque le sucrate est formé, on laisse déposer, et l'on décante l'eau-mère. Le sucrate est lavé dans de grandes cuves, à l'aide d'eau barytique chaude, puis le magma, bien lavé, est traité par un courant d'acide carbonique, afin de mettre le sucre en liberté et de transformer la baryte en carbonate.

On filtre ou l'on décante le produit liquide; le carbonate de baryte est égoutté, lévigé, pressé, afin d'éviter les pertes du liquide sucré, et il sert à préparer de nouvelle baryte hydratée, en sorte que ce carbonate sert de base au travail et que les dépenses se bornent théoriquement à celle de la calcination et aux pertes de matière inévitables.

La solution sucrée est filtrée sur du noir en grains mélangé de plâtre, puis elle est soumise à la concentration et à la cuite[1]. Les eaux-mères barytiques sont saturées par l'acide carbonique, puis filtrées et concentrées. Elles ne renferment plus que le glucose des sels alcalins et quelques traces de sucre.

Ce procédé est aujourd'hui du domaine public, ainsi que la plupart des applications de la baryte à la formation d'un sucrate peu soluble. Il est d'une application plus aisée que le suivant, dû également à M. Dubrunfaut auquel il convient de rapporter ce qui s'est fait dans ce sens.

Cette modification a été bien décrite par M. Payen.

Ce procédé consiste à précipiter le sucre à l'aide d'une solution de sulfure de baryum. M. Dubrunfaut est parvenu à rendre la précipitation complète en employant, pour 1 équivalent de sucre, 1 équivalent 1/2 de sulfure de baryum et 1 équivalent de soude, et il se forme du sucrate de baryte et du sulfhydrate de sulfure de sodium. Le sucrate de baryte, presque insoluble, est recueilli sur un filtre, lavé, pressé, puis décomposé par un courant d'acide sulfureux, qui met le sucre en liberté, de sorte qu'il suffit de faire évaporer la solution filtrée pour obtenir un sirop de sucre presque pur, qu'on fait cristalliser et raffiner par les procédés ordinaires; une petite quantité d'acide carbonique et une filtration sur le noir suffiraient

1. Pour enlever toute trace de baryte dans les solutions sucrées, on ajoute, à 2 kil. de plâtre grossièrement pulvérisé, 2 kil. d'acide sulfurique à 50° par 100 kil. de sirop. Nous préférerions employer une quantité équivalente de sulfate d'alumine.

pour éliminer les traces de composé barytique qui pourraient rester dans les sirops.

Quant au précipité de sulfite de baryte produit par l'acide sulfureux et séparé du sucre, ce composé, épuisé complétement par des lavages méthodiques du sucre dissous qu'il retient interposé, doit être desséché : il peut dès lors servir à la préparation du monosulfure de baryum. Il suffit, pour cela, de mélanger 100 parties de ce sulfite avec 10 parties de charbon, d'agglomérer la masse avec un peu de goudron de houille, et de calciner dans un four à réverbère. Le produit, traité par l'eau bouillante, donne une solution de sulfure de baryum.

Ces deux procédés ont servi de base aux différentes modifications que plusieurs chimistes ou fabricants ont cherché à introduire dans le traitement barytique des mélasses, en sorte que, malgré une foule de prétentions de toute nature, les procédés de M. Dubrunfaut sont les seuls qui puissent servir de guide à la fabrication.

Traitement des mélasses par la chaux. — Nous ne pouvons rien ajouter à ce qui a été dit plus haut (p. 701), relativement à l'extraction du sucre par les sucrates. Les inventeurs nous permettront, sans doute, d'être moins crédules qu'ils ne le sont eux-mêmes, et de faire toutes nos réserves à l'endroit de leurs promesses. Nous n'avons encore rien vu, dans toutes leurs pratiques, dont on puisse tirer un avantage manufacturier incontestable.

Malgré les affirmations de M. Rousseau et les promesses dont il a été si prodigue, nous croyons très-peu à la valeur des *agglomérés* de chaux et de sucre, que ces agglomérés aient été fabriqués par *son* procédé ou par le *procédé dit de Scheibler*. On ne pourra pas facilement, pensons-nous, détruire les objections qui s'élèvent contre ces pratiques, dont nous analysons cependant les principales données.

Scheibler ajoute à la mélasse trois équivalents de chaux pour chaque équivalent de sucre qu'elle renferme. La masse pâteuse est desséchée, puis traitée par l'alcool à 40° centésimaux. Ce menstrue enlève le glucose, les sels et les matières étrangères, et il reste, suivant l'auteur, un *sucrate tribasique* qui représente les 4/5 du sucre de la mélasse traitée. Ce sucrate est introduit dans les jus à déféquer et le sucre rentre ainsi dans

la défécation sans travail spécial. La dissolution saline alcoolique est distillée et le résidu est employé comme engrais. Ce procédé est celui de M. Dubrunfaut (1850).

M. Leplay a imaginé autre chose. Il sature la mélasse avec un lait de chaux, puis il introduit du chlorure de calcium. La masse est portée au bouillon, et l'on y ajoute de la soude caustique qui décompose le chlorure de calcium. Il se forme de la chaux *naissante* et du sucrate de chaux que l'on traite par l'acide carbonique après lavage.

M. Rousseau fabriquerait une pâte avec la mélasse et la chaux et il en ferait un *sucrate à lui*, transportable, décomposable par l'acide carbonique, Il ne peut être utile de s'arrêter à cela. D'ailleurs les *moellons calcaires* de M. Rousseau, selon l'expression de M. Dubrunfaut, ne sont pas la propriété de cet inventeur, MM. Dubrunfaut et Leplay ayant breveté le même procédé en 1850. Le brevet Dubrunfaut nous paraît avoir la priorité, non-seulement sur les *inventions* de M. Rousseau, mais encore sur celles de MM. Scheibler et Lair, puisque M. Dubrunfaut constate que le sucrate obtenu peut être traité par l'acide carbonique, etc., ou soumis à l'analyse par l'alcool ou l'esprit de bois...

M. Lair ajoute à la mélasse à 40° Baumé 35 de chaux p. 100 de sucre (1871). Cette chaux est ajoutée en lait épais à 25 0/0 de chaux. La température est élevée pendant qu'on malaxe le mélange, et le tout forme une sorte de pâte qui se durcit en refroidissant. On la divise en morceaux, que l'on soumet à la lévigation à l'aide d'eau alcaline. Les eaux de lavage sont très-riches en sels et le sucrate est traité par la carbonatation ou joint aux jus à déféquer.

Stammer a constaté que la masse solide, résultant du mélange de la chaux et de la mélasse soumise à l'action osmotique, abandonne beaucoup plus de sels que de sucrate...

En somme, le procédé de Scheibler (procédé Dubrunfaut) est le plus acceptable de tous ceux qui viennent d'être mentionnés, et il serait possible d'en faire une bonne application pratique. On comprend que M. Leplay, en qualité d'inventeur du noir épurant au carbonate de soude, puisse ne pas craindre le sel marin qu'il introduit dans sa réaction, mais nous ne pensons pas que la fabrication puisse adopter un procédé coûteux, dans lequel il se fabrique du sel marin, très-certaine-

ment, et dont les résultats sont problématiques. Le procédé Rousseau n'offre rien de personnel à son auteur, et il mérite à peine d'être mentionné. Le procédé Lair paraît avoir été calqué sur le procédé de Scheibler. Le dosage de la chaux est à peu près le même, Scheibler veut une dessiccation complète, et il fait la lévigation à l'alcool, tandis que M. Lair agit sur la pâte durcie à l'aide de l'eau alcalisée.

En définitive, la fabrication sucrière ne peut être entravée par ces divers procédés, dont le meilleur n'a pas encore obtenu la sanction de la pratique industrielle. Il est, d'ailleurs loisible à tous les fabricants de traiter leurs mélasses par telle dose de chaux qu'ils jugent convenable, de chauffer la masse, ou de la sécher, de léviger le produit, de l'osmoser, de le diffuser avec un menstrue quelconque, d'utiliser, en un mot, les données techniques sur les sucrates de chaux, sans que personne puisse y trouver à reprendre.

Osmose. — L'ingénieux procédé de M. Dubrunfaut pour le traitement des mélasses épuisées repose sur un fait déjà connu de nos lecteurs, dont nous rappelons la circonstance la plus importante.

Toutes les substances solubles ne jouissent pas, au même degré, de la propriété de traverser les membranes pour se dissoudre dans un menstrue approprié. Ainsi les sels alcalins d'une mélasse, placée d'un côté d'une membrane, se dissolvent en plus grande quantité que le sucre, dans l'eau tiède placée de l'autre côté. Il en résulte un moyen d'appauvrir une mélasse donnée en sels, et de lui restituer la propriété de cristalliser, pour une portion de sucre correspondante à la quantité de sels éliminés. Ces données expérimentales ont conduit M. Dubrunfaut à créer un appareil spécial, auquel il a donné le nom d'*osmogène*, et qui est destiné à extraire les sels des mélasses et à les rendre susceptibles d'une recuite fructueuse.

Nous renverrons la description de cet appareil remarquable à la suite de l'étude de la raffinerie, qui donne lieu à une production de mélasse très-épuisée, pour laquelle la méthode de M. Dubrunfaut nous semble parfaitement appropriée. Cette méthode mérite, à tous égards, une étude spéciale; car, en dehors des perfectionnements annoncés par le savant chimiste, les résultats constatés sont tels que le travail osmotique enlève

à la mélasse plus de deux tiers des sels qu'elle renferme. Comme l'eau dissout, dans le même temps, beaucoup moins de sucre, ce procédé d'épuration nous paraît destiné à rendre des services incontestables à la fabrication [1].

Dans tous les cas, si nous faisons abstraction du procédé Margueritte dont la valeur appelle l'attention de l'industrie, nous ne voyons guère que le procédé de M. Dubrunfaut auquel on puisse s'attacher pour le traitement économique des résidus. La transformation des sels alcalins en sels insolubles dans l'alcool est fort logique, et l'élimination des sulfates est facile. On peut la rendre assez économique. L'osmose donne des résultats moins complets; mais il semble que l'opération soit moins coûteuse et qu'elle se balance en faveur du travail de M. Dubrunfaut. On comprend assez les inconvénients des alcalis pour que le procédé de M. Leplay soit rejeté *à priori*. Quant aux procédés Scheibler et Lair, il convient d'attendre que l'expérience ait prononcé sur leur application.

Il nous semblerait rationnel de ne pas se laisser entraîner trop loin par la question des mélasses. Si l'extraction du jus est complète, si l'élimination des matières azotées a été bien faite, si les alcalis ont été transformés en sels inoffensifs, on obtient d'excellents résultats par la cristallisation des premiers et des seconds jets, et les sirops d'égout de deuxième jet pourraient être avantageusement soumis à l'un des modes d'épuration dont il vient d'être parlé, sans que l'on ait à faire de ces troisièmes cristallisations dont le résultat se fait attendre si longtemps.

Nous aurons, d'ailleurs, l'occasion de revenir sur ce sujet important et de mettre sous les yeux du lecteur quelques données intéressantes qui ressortent de l'expérimentation directe.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

L'observation démontre que les procédés qui ont fait le plus de bruit en sucrerie ne sont applicables, le plus souvent, qu'à certaines phases du travail, et que la plupart des inventeurs n'ont eu en vue que des circonstances particulières. Il n'y a

1. V. IIIe volume.

donc à étudier que fort peu de méthodes d'ensemble, puisque la méthode générale est suivie à peu près par tous, sauf pour la portion que chaque inventeur a cru perfectionner.

Les exemples ne sont pas difficiles à choisir pour la démonstration de ce fait. Les procédés d'extraction du jus n'ont donné lieu à aucune modification importante dans le reste du travail industriel, et la purification, la concentration, la cuite n'ont subi aucun changement. De même, les procédés relatifs à l'épuisement des pulpes n'ont fait que s'intercaler dans un système connu; comme les procédés de purification des jus n'ont de rapport qu'avec telle ou telle partie de la purification. Or, pour constituer une méthode, il nous semble qu'il y a certaines règles de logique auxquelles il est nécessaire de se soumettre. On s'occupe d'une industrie qui comprend : la préparation de la matière première, sa division, l'extraction du jus sucré, la purification de ce jus, la concentration, la cristallisation, la purification des cristaux, l'épuisement des résidus, etc.; on se trouve en présence d'un ensemble tellement vaste que c'est à peine si les individus isolés parviennent à apporter quelques modifications utiles à l'une de ses parties, et il ne peut paraître étrange que les méthodes fassent absolument défaut.

Lorsque l'on parle, par exemple, de la méthode de diffusion, on sait parfaitement n'avoir affaire qu'à un mode, plus ou moins utile, d'appliquer la macération, laquelle n'est elle-même qu'un des systèmes d'extraction du jus ; mais le reste du travail demeure celui de toutes les fabriques : c'est le travail courant, auquel il n'a été apporté qu'un changement partiel, d'une valeur plus ou moins discutable. De même, pour les autres parties de la fabrication, dans lesquelles nous ne voyons que des procédés particuliers, spéciaux, et non pas des méthodes générales, comprenant des améliorations pour chaque phase du travail manufacturier.

Il n'y a pas de méthode de Schützenbach, de Périer et Possoz, de Frey et Jellinek, etc., mais des procédésde macération, de chaulage multiple, de carbonatation trouble, dont la valeur et les circonstances sont à étudier. Nous ne décrirons donc pas de méthodes d'ensemble, puisque, dans la réalité, il n'en existe pas que l'on ne puisse confondre avec les méthodes courantes de pratique générale.

Ces observations ont pour but de faire comprendre aux fabri-

cants une chose que nous regardons comme très-essentielle, c'est-à-dire la possibilité d'échapper à certaines exploitations dont l'iniquité est flagrante. Étant donnée la méthode générale, celle de la fabrication dite perfectionnée, nous ne voyons pas un seul point où l'on soit forcé de se courber devant des exigences mal fondées.

Le lavage des racines se fait très-commodément par un des dispositifs connus, qui sont du domaine public. On a des râpes excellentes, des coupe-racines très-suffisants, de droit commun, sans avoir rien à demander aux instruments brevetés; les presses ordinaires, les presses hydrauliques, plusieurs presses continues, permettent de faire l'extraction du jus par pression, simple ou réitérée, sans recourir à personne. Il est loisible à tout le monde de diviser les pulpes pressées, de les épuiser par un lavage, de les presser de nouveau, et il n'est pas indispensable de recourir à l'instrumentation de Walkhoff, ni à la nôtre, ni à tout autre dispositif qui serait une propriété particulière. De même, pour la macération, on a les cuviers de Mathieu de Dombasle, l'appareil de Delimal, celui de Pelletan et une foule d'autres agencements, grâce auxquels on peut parfaitement se mettre à l'abri de Schützenbach, de Robert et de tous les outillages spéciaux. On peut déféquer comme on le veut, à chaud, à froid, en une seule fois ou en plusieurs fois, faire de la défécation simple ou de la défécation double, etc. La filtration sur noir, la purification du noir, la préparation de ce produit, sa revivification, sont de droit commun, et le fabricant peut choisir entre les procédés et les instruments qui lui appartiennent, sans être obligé de recourir à tel filtre, à tel four, ou à tel procédé d'exploitation. L'emploi de l'acide carbonique pouvait se faire par le procédé de Barruel, au moment même où les frères Rousseau cherchaient à étreindre cette phase du travail; la carbonatation multiple peut s'exécuter par le procédé de Michaëlis (1855) sans qu'on ait rien à demander à la *participation Périer, Possoz et Caïl.* On peut très-bien, d'ailleurs, se passer de l'un et de l'autre de ces procédés, et le résultat n'en est que meilleur et moins coûteux. En ce qui concerne la concentration des jus et la cuite en sirops ou en grains, la sucrerie dispose d'appareils de tous genres, fonctionnant à l'air libre ou dans le vide, à effets simples ou connexes, sans qu'elle soit obligée, en quoi que ce soit, de s'adresser à la mai-

son Cail pour des appareils dits spéciaux qui sont de droit commun. Le filtre-presse, les turbines peuvent se construire partout...

Nous ne comprenons donc pas comment des fabricants peuvent se plaindre d'être *forcés* de faire telle ou telle manière, de se servir de telle ou telle instrumentation. Ils ont, à eux, dans le trésor du domaine commun, tout ce qu'il leur faut pour agir avec la plus entière indépendance; s'ils n'en profitent pas, c'est qu'ils ne veulent pas, ou qu'ils ne prennent pas la peine d'étudier assez leur industrie pour la bien connaître. Ils sont libres de ne pas vouloir; mais ils n'ont pas à faire de réclamations lorsqu'il ne savent pas, car cette faute n'est plus excusable, en présence des travaux de tout genre qui ont eu la sucrerie pour objet.

Nous le répétons donc avec la plus ferme conviction, il n'y a pas, en sucrerie, de méthode d'ensemble différente, essentiellement, de la méthode courante; il n'y a que des procédés, auxquels chacun est libre de donner ou de refuser son adhésion. Mais, si nous avons cru devoir nous élever contre ceux qui exploitent odieusement la sucrerie à l'aide de procédés mensongers ou imaginaires, contre ceux qui trouvent leur talent tout préparé dans les faits du domaine public, nous ne pouvons terminer ce chapitre sans dire franchement à la sucrerie quelles sont les principales causes dont l'influence garantit, presque toujours, au moins un succès partiel, aux choses les plus bizarres et les moins sérieuses.

Les connaissances trop superficielles, malheureusement, d'un grand nombre de fabricants, ne leur permettent pas de reconnaître, de prime abord, ce qu'il y a de vrai ou de faux dans une allégation intéressée, dans une affirmation complaisante.

Les rendements trop faibles obtenus, par suite de traitements irrationnels, ou même par des causes accidentelles, font désirer, très-naturellement, de participer à toutes les améliorations qui peuvent conduire à un résultat meilleur, et cela se conçoit parfaitement, dans la sucrerie indigène surtout, où l'on a besoin de tant de soins et d'efforts pour ne pas rester en arrière. Dans ces conditions bien connues de tous les créateurs de procédés d'emprunt, on sent que les esprits se dirigent facilement vers tous les moyens proposés qui doivent tendre au but.

Le premier venu, quelque ignorant des choses du sucre qu'on le suppose, apporte un procédé recueilli dans les livres ou dans les brevets, ou ramassé en Allemagne, ce qui est presque infaillible, l'entoure de grands mots, dont il ne comprend pas toujours le sens, brevète cette *invention*, à laquelle il attribue toutes sortes de qualités et par laquelle on doit obtenir des résultats magnifiques, puis il fait de la *publicité*. Nous admettons volontiers que la chose proposée est bonne et que l'on peut en démontrer les avantages, bien que cette situation soit exceptionnelle. La vogue est bien vite arrivée, surtout si le titulaire de la *nouveauté* trouve le moyen d'intéresser quelque banquier à son affaire; la sucrerie paye et l'opération marche à souhait. Mais c'est bien mieux encore, si l'on a pu rattacher à la spéculation les intérêts de quelque grand chaudronnier, en y adaptant des nécessités d'outillage. Alors, la sucrerie paye double ou triple; on vante partout le procédé et les machines; des publicistes complaisants ne tarissent pas en éloges et l'affaire est lancée.

Voilà ce que nous avons vu assez de fois pour être certain que personne ne nous démentira.

Après quelques années d'exploitation, les fabricants reconnaissent qu'ils ont été et qu'ils sont trompés; qu'ils se sont laissé duper par des apparences, qu'ils ont été entraînés par des considérations puériles; que les procédés et les engins qu'on leur a *vendus* sont de domaine public depuis des années, et que, au lieu d'inventeurs, ils ont rencontré des pirates. L'indignation et le dépit se mêlent de la partie; les plus courageux intentent un procès en déchéance...

C'est là un tort. Ou il ne faut pas faire ces sortes de procès, ou il faut les faire en temps opportun, au début. Ce n'est pas lorsque le mal est accompli, lorsque des menées ténébreuses ont apporté à leurs auteurs l'argent et une réputation imméritée que ces contestations produisent un résultat utile. C'est à empêcher ces pratiques déloyales que l'on devrait employer tous les efforts et toutes les énergies. Or, on ne peut forcer qui que ce soit à ne pas se laisser tromper; mais on peut toujours mettre à la portée des fabricants la vérité technologique, théorique et expérimentale, sur les procédés de leur industrie. C'est par la science et l'instruction seulement que l'on fermera tout accès au charlatanisme. Que les fabricants s'occupent

donc enfin, d'une manière sérieuse, d'acquérir les notions indispensables à la pratique de la sucrerie; que les journaux spéciaux, nous parlons de ceux qui restent indépendants, s'attachent à plaider, au jour le jour, la cause sacrée du vrai et du juste, sans ménagements comme sans passion; que des cours publics s'ouvrent dans les centres sucriers, pour les ouvriers et les contre-maîtres, que des hommes instruits et courageux acceptent la noble mission de l'enseignement industriel, et bientôt, il faut l'espérer, les charlatans se verront exclus de la sucrerie et devront chercher fortune ailleurs [1].

On aura beau se débattre contre les faits. L'ignorance ou le demi savoir ne produisent que des sots, des dupes, ou des vaniteux ridicules, aussi nuisibles les uns que les autres, et il est impossible qu'une industrie réalise les progrès auxquels elle doit tendre si ceux qui l'exercent ne consacrent pas tous leurs loisirs à s'instruire de tout ce qui s'y rattache. Or, la sucrerie, considérée au point de vue manufacturier, requiert des connaissances approfondies en botanique et en agriculture, en chimie appliquée, en physique; elle exige, de la part des fabricants, des notions suffisantes relativement à la construction des machines et des engins; ils ont, en outre, un besoin absolu de posséder l'histoire de leur art, d'en connaître les méthodes et les procédés, non-seulement en théorie, mais encore d'une manière pratique, et ce n'est pas assez de se traîner dans le terre à terre de la routine, lorsque l'on veut échapper aux exploiteurs qui sont les ennemis de tout progrès.

Nous savons que notre franchise nous attirera l'animadversion de ceux dont nous avons dévoilé les manœuvres; cette considération ne présente aucune importance, car le culte de la vérité ne s'accommode pas de ces faux-fuyants par lesquels on s'évertue à dissimuler ce qui est, à masquer, sous des formes menteuses et hypocrites, la réalité des faits. Peu nous importent donc des haines et des colères dont nous ne comptons plus le nombre; nous n'ambitionnons, en compensation, que la

1. Nous signalerons à nos lecteurs une feuille périodique, la *Sucrerie indigène*, rédigée, avec autant de conscience que de talent et d'impartialité, par M. H. Tardieu. C'est par ce journal spécial que nous avons appris avec un grand plaisir l'ouverture d'un cours de sucrerie à Saint-Quentin, sous la direction de M. Vivien. Il nous semble vivement à désirer que cet utile exemple soit suivi partout où il est possible, dans les contrées où l'on fabrique le sucre indigène. N. B.

satisfaction d'avoir été utile, et nous nous estimerons heureux si nous avons contribué à inspirer à la fabrication sucrière une juste confiance en elle-même, et la méfiance à l'égard de ceux qui la trompent.

DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES

NOTES JUSTIFICATIVES

NOTE A

CORPS DÉRIVÉS DU SUCRE.

A. *Caramel.* — Nous avons dit que le caramel se forme par l'action, sur le sucre, d'une température de +210° à +220°; mais cette proposition est loin d'être absolue. Il faut que le fabricant de sucre sache bien que la caramélisation peut avoir lieu bien au-dessous de cette limite et qu'une solution de sucre pur, soumise à la température de +100°, ou même à une température inférieure (+60° à +80°), peut perdre la faculté de cristalliser et qu'elle se caramélise après un certain temps. Il lui importera donc extrêmement de ne pas laisser languir ses opérations dans aucun cas, mais surtout lorsque les liqueurs auront à supporter l'action du calorique. Cette règle est sans exception, et la rapidité doit être une des principales conditions d'une fabrication manufacturière.

Il y a plus encore, et nous avons pu reconnaître, il y a déjà bien longtemps, que les dissolutions aqueuses du sucre pur, plus ou moins concentrées, ne se conservent pas sans altération à la lumière, bien qu'elles soient renfermées dans des flacons parfaitement bouchés. Cette observation se trouve confirmée par les expériences de M. E. M. Raoult, desquelles il résulte que le sucre dissous peut se changer en glucose, à la longue, sans subir la moindre fermentation.

Cette transformation du sucre en présence de l'eau et de la lumière, à la température ordinaire, n'a rien qui doive surprendre lorsque l'on sait que, si le sucre joue le rôle d'un acide faible à l'égard des bases fortes, il joue celui de base à l'égard de l'eau, et que les divers sucres ne sont que des hydrates d'un corps unique, le saccharigène $C^{12}H^{9}O^{9}$. L'observation démontre que ce corps passe

très-facilement à un degré supérieur d'hydratation, sans pouvoir, toutefois, perdre aussi aisément l'eau avec laquelle il s'est combiné.

B. *Sucre de fruits et glucose*. — La recommandation rigoureuse de ne laisser séjourner nulle part aucune portion de jus ou de vesou, avant la défécation, est une des plus sérieuses de la pratique. Ici les faits et le raisonnement se corroborent, et il ne reste aucune place à l'objection. En effet, la défécation *seule* peut, lorsqu'elle est bien faite, détruire les ferments ou les éliminer à l'état de combinaisons insolubles. Or, les ferments ont sur le sucre prismatique une action puissante et rapide, par laquelle il se trouve changé en sucre incristallisable et ultérieurement en glucose. Chaque minute d'arrêt, entre l'extraction du liquide sucre et sa défécation augmente la proportion de matière incristallisable aux dépens du sucre prismatique, si l'on n'a pas pris les précautions nécessaires pour s'opposer à cet effet désastreux. C'est là une des causes de perte auxquelles on peut attribuer le moindre rendement obtenu par certains industriels. Cette cause agit d'autant plus énergiquement que la température ambiante et la température du liquide sont plus élevées...

On comprendra aisément que, pour le vesou de la canne, cette cause d'altération puisse produire ses effets désastreux en un temps très-court, à raison de la chaleur habituelle du climat, mais il convient d'y ajouter encore une autre raison spéciale d'activité. Le vesou est toujours à réaction acide, en sorte que, dès qu'il est mis en liberté, il se passe, au sein du liquide, une série de phénomènes fermentatifs presque instantanés. Le ferment particulier de la canne, appelé par quelques auteurs *matière globulaire*, est également doué de propriétés très-énergiques, de telle façon que le vesou réunit à un haut degré toutes les circonstances favorables à la transformation du sucre prismatique. On ne peut donc trop recommander aux planteurs de se placer dans l'une ou l'autre des deux alternatives suivantes :

Ou *rouler* les cannes dès leur arrivée du champ, avec le soin attentif de ne les faire couper qu'à mesure du traitement manufacturier, et d'envoyer le vesou à *la grande* (ou au *chaulage*) aussitôt qu'il s'échappe des rolls ;

Ou bien, ce qui serait plus rationnel, prendre les mêmes précautions pour la roulaison de la récolte, et recevoir le jus dans une série de bacs, où il serait aussitôt mélangé, à froid, avec une quantité de chaux suffisante pour saturer les acides et arrêter l'action des ferments. Cette défécation exigerait, suivant nous, au moins six millièmes de chaux vive, réduite en lait peu épais. On s'en débarrasserait ensuite dans un bac de saturation, ou dans une chaudière, par un des procédés connus, et un débourbage précéderait les opérations de l'équipage.

Quant au jus de betterave, lequel est le plus souvent alcalin, il éprouve une altération similaire sous l'influence des alcalis et de certains ferments encore peu connus, et le sucre prismatique se change en sucre liquide, en mannite, en matière glaireuse. Les progrès de cette transformation sont moins rapides que pour le vesou de canne, en apparence, mais ils ne doivent pas moins attirer l'attention de l'observateur sérieux.

NOTE B

OBSERVATIONS SUR LES ALTÉRATIONS ET LES MOISISSURES DES SIROPS.

Nous avons dit et répété que les sucres purs ne fermentent pas lorsqu'ils sont secs, mais qu'il peut se produire des moisissures sur les sirops qui renferment des *matières albuminoïdes*. D'autre part, en nous reportant à la page 150, nous trouvons que les fabricants réclament *un peu d'alcalinité dans les jus*, pour que les liquides soient mis à l'abri des altérations. Walkhoff reproche presque au traitement phosphorique la production de *moisissures* observées sur les sirops...

Nous ne voulons pas anticiper sur ce que nous aurons à exposer sur les différentes altérations des sucres, et il ne s'agit, dans cette note, que des sirops et de leur moisissure causée, suivant des dires plus ou moins hasardés, par le défaut d'alcalinité.

Les observations les plus élémentaires sur les productions cryptogamiques démontrent, à n'en pouvoir douter un instant, que les dissolutions concentrées de sucre pur ne donnent jamais lieu à ces sortes de productions, si elles ont été préparées avec de l'eau pure et si elles sont mises à l'abri des impuretés de l'air ordinaire. L'air pur, débarrassé des corpuscules qui voltigent dans l'air ordinaire, n'apportant sur les sirops aucun germe de ferment, aucune matière organique azotée, les solutions de sucre ne présentent jamais de produits inférieurs dans ces circonstances.

Or, si les sirops purs, dans les conditions que nous venons de préciser, n'ont jamais de moisissures, on doit en conclure que ces moisissures sont dues à une impureté quelconque et rechercher cette impureté, puisqu'elle est la cause de l'altération.

Ce n'est pas le sucre : le fait est démontré. Ce n'est pas l'eau. Ce ne sont pas les alcalis ou la chaux, puisque, par hypothèse, on déclare que ces corps sont des agents préservateurs. Le débat reste donc circonscrit et il ne s'agit que de rechercher quelle peut être

l'influence réelle des autres matières étrangères qui se trouvent encore dans les sirops, c'est-à-dire des principes azotés, des matières colorantes, des matières pectiques, des substances grasses, etc.

Il est de fait, pour tout le monde, que les substances azotées donnent naissance à des moisissures, à des mycodermes, de tissu plus azoté, si le substratum est riche en matières albuminoïdes; de tissu plus hydrocarboné, dans le cas contraire. On sait également que les dissolutions pectiques se recouvrent de moisissures abondantes, après un certain temps, et il n'est personne qui n'ait été à même de constater la moisissure des *confitures* les mieux faites, des meilleures gelées, malgré l'excès de sucre employé dans la préparation, malgré la petite quantité d'alcool mise à la surface comme agent préservateur.

De notre côté nous avons observé, outre ces faits généraux, la moisissure fréquente des dissolutions aqueuses des matières colorantes, du caramel, en particulier, soit que le sucre intervienne dans la réaction ou qu'il y soit étranger. La carotine, l'extrait de campêche, etc., donnent lieu à des phénomènes analogues. Au contact de l'air, les matières grasses produisent des moisissures très-abondantes, et nous en avons encore des exemples sous les yeux.

On ne peut nier la présence des matières azotées dans les sirops préparés d'après les méthodes courantes. On y rencontre plus ou moins de matières colorantes dont nous ne tenons, d'ailleurs, que fort peu de compte; on y trouve *souvent* des principes pectiques plus ou moins altérés, quand la fabrication n'a pas été suivie conformément aux principes de la saine technologie; enfin, pour obvier aux inconvénients d'un mauvais travail, on fait un abus fréquent des matières grasses, et nous ne comprenons pas que l'on ne fasse pas reposer l'objection sur la présence de ces matières, plutôt que de se rejeter sur les phosphates.

Nous admettons, avec tous les chimistes, que les dissolutions d'acides organiques, des acides tartrique, citrique, etc., se recouvrent de moisissures; mais nous n'en avons jamais vu sur les dissolutions de phosphates.

On doit admettre également que les acides, en petite quantité, favorisent le développement des mycodermes, ce qui est de toute exactitude. Nous comprendrions donc que des sirops, traités par l'acide phosphorique, ou par le superphosphate de chaux, pussent se couvrir de moisissures, si l'on n'a pas éliminé les matières étrangères, les principes azotés surtout, et si l'on n'a pas séparé tout excès d'acide. Mais nous ne parlons pas des sirops acides; nous parlons des sirops neutres, et *jamais sur des sirops réellement neutres privés de matières azotées et de substances pectiques, débarrassées d'un excès inutile de matières grasses, on n'a constaté de moisissures.*

Lorsque des mycodermes se produisent sur des sirops, on peut

être certain que ces sirops sont souvent acides, quelquefois alcalins, mais que le travail préparatoire a été mal fait et que l'on n'a pas éliminé les matières azotées qui sont, en définitive, la cause principale de ce phénomène.

NOTE C

OBSERVATIONS SUR LE FERMENT.

Après des années de discussions stériles, pendant lesquelles il semble que l'étude du ferment n'ait eu d'autre portée ni d'autre résultat qu'un peu de vain bruit académique, on en est à peu près au même point et tout est à refaire dans cette branche des investigations humaines. Au moins paraît-il en être ainsi pour ceux qui se forment une opinion d'après les *comptes rendus*. Ce n'est pas que nous critiquions, en quoi que ce soit, la science personnelle d'un grand nombre d'académiciens, dont nous serions des premiers à reconnaître le savoir et le talent réels, mais nous déplorons, avec tous ceux qui aiment les sciences, l'esprit de coterie et les idées mesquines de parti pris qui sont le caractère frappant des discussions académiques, Que ces messieurs s'accordent entre eux ou se gourment d'importance, le public n'en est pas moins maltraité. Nous pourrions multiplier les exemples qui démontrent cette thèse, et faire comprendre jusqu'à l'évidence que l'amour de la vérité ne se trouve pas, plus qu'ailleurs, dans la très-docte réunion. Nous nous contenterons de deux faits.

Lorsque M. Thénard présenta comme original le travail de M. Berthelot sur la synthèse de l'alcool, il ne se trouva pas un académicien qui fût assez intelligent pour ne pas accepter, sans preuve, la recommandation de l'illustre vieillard. On cria à la merveille et l'on s'enthousiasma à froid lorsqu'il n'y avait que deux mots à dire pour verser une douche bienfaisante sur cette folie. Il suffisait de faire remarquer à M. Thénard que sa nouveauté était consignée tout au long dans son propre ouvrage sur la chimie, à la date de 1834, et que la prétendue découverte de M. Berthelot remontait à Faraday et s'était faite en 1829, bien avant que M. Berthelot eût pu songer à ses déductions.

Tout en reconnaissant le talent du jeune observateur et en marquant d'avance sa place dans le célèbre aréopage, pour une juste récompense de l'esprit philosophique qu'il introduisait dans l'étude de la synthèse chimique, on devait à la vérité de déclarer qu'il

était étranger au point de départ, et que son mérite, incontestable d'ailleurs, se bornait à avoir su tirer un grand parti du travail de son devancier.

A propos du ferment, on a fait mieux. M. Pasteur, avec la fougue d'un caractère entier et quelque peu despotique, s'empare des travaux de ceux qui l'ont précédé, y coud les fantaisies les plus extravagantes et se proclame chef d'école. L'Académie applaudit. Depuis lors, la vérité a été rejetée du débat et remplacée par la passion. Le : c'est moi, c'est toi, c'est lui, de Beaumarchais, règne en maître dans cette Babel, et la vanité a donné au monde scientifique le spectacle le plus attristant qui se puisse voir.

Les germes aériens de M. Pasteur ont fait leur chemin; leur auteur, proclamé grand homme par ses partisans, s'est fait une renommée que la badauderie a acceptée sans preuve, et il faut que, tous les ans, une fois au moins, il y ait reprise d'hostilités. Ces luttes risibles, entre des gens qui se battent contre des moulins, donnent aux combattants une quasi-célébrité, mais nous demandons ce que le public y a gagné. Nous demandons quel a été le rôle de l'Académie en tout cela, et nous voudrions savoir comment elle a rempli sa mission, qui est de conserver le dépôt de la science, d'augmenter ce trésor de l'humanité et de le défendre contre les appétits ambitieux.

Jusqu'aujourd'hui M. Pasteur ne paraît pas avoir justifié, logiquement, une seule de ses affirmations. Il n'en est pas une qui n'ait rencontré d'ardents contradicteurs, et l'homme d'application est forcé de recourir à d'autres lumières qu'à celles de l'Académie.

En dehors du ferment globulaire, créé par la force vitale, au sein des tissus organiques, dont les globules dissociés et disséminés peuvent se reproduire dans certains milieux et sous l'empire de certaines conditions, on ne peut se refuser à admettre que les matières solubles, amorphes, telles que les substances albuminoïdes et les substances hydro-carbonées, sont susceptibles d'altération. C'est la loi commune. Or, dans toutes les matières qui s'altèrent, on rencontre des cellules. Est-ce donc une raison pour dire que ces cellules se sont produites spontanément? Qui donc a démontré que les germes organiques n'ont pas pénétré dans le milieu observé? Qui donc a démontré que, dans les solutions les plus limpides, il ne reste pas une seule cellule qui puisse donner naissance à des productions microscopiques? Nous n'avons pas encore vu de démonstration satisfaisante à l'égard de ce doute. Vingt ans d'études suivies nous permettent d'hésiter en face de la confusion inénarrable que les doctrinaires ont jetée dans cette question, et nous ne voyons plus que les faits.

Les faits qui intéressent la sucrerie sont ceux-ci : 1° En présence du ferment globulaire, de la cellule organique azotée, le sucre su-

bit la fermentation régulière ou une des dégénérescences lactique, butyrique, visqueuse, etc., selon les conditions dans lesquelles il se trouve placé; 2° lorsque des matières albuminoïdes solubles se trouvent en présence du sucre et du ferment globulaire, elles fournissent à celui-ci l'aliment utile à sa multiplication, en sorte que la transformation du sucre est plus rapide en présence de ces matières; 3° les substances albuminoïdes insolubles, telles que le gluten, peuvent se désagréger, et leurs cellules agissent pour la destruction du sucre comme le ferment globulaire.

Ces faits concourent à démontrer la nécessité absolue, pour le fabricant de sucre, d'éliminer le ferment et les matières azotées du jus saccharifère, et il n'a aucun besoin de recourir aux théories académiques pour se maintenir dans son rôle industriel qui est d'appliquer simplement les principes dérivés de l'expérience.

NOTE D

DES TANNINS ET DE QUELQUES ASTRINGENTS.

Les tannins s'oxydent avec rapidité, surtout en présence des alcalis. Ils précipitent les sels de fer au maximum en bleu, en noir, en gris ou en vert, et forment avec les peaux animales une substance imputrescible nommée *cuir*.

La formule de l'acide tannique est représentée par le symbole $C^{18}H^{5}O^{9},3HO$ et son équivalent égale 2650.

Il est très-soluble dans l'eau et l'alcool. En dissolution aqueuse, il s'oxyde rapidement et passe à l'état d'acide gallique. Le tannin pur et sec est inaltérable à l'air.

Le tannin forme avec les bases des composés peu solubles; ainsi, il précipite les dissolutions de potasse, de chaux, etc.; il précipite presque tous les alcalis organiques. Il précipite en noir les sels de fer *au maximum*.

Les dissolutions de gélatine et d'albumine sont précipitées par le tannin, qui élimine également la fécule et presque toutes les matières animales...

Le tannate d'ammoniaque est très-soluble dans l'eau.

Ces données, empruntées à l'ouvrage de MM. Pelouze et Frémy, nous permettent d'établir quelques conséquences utiles, applicables à la sucrerie.

Étant admise la formule de la protéine, donnée par Mülder ($C^{40}H^{31}Az^{5}O^{12}$), on trouve que l'équivalent de cette substance égale

5462, 5, en sorte que l'équivalent du tannin étant de 2650, 1 gr. de tannin peut précipiter 2 gr. 057 de matière protéique, 100 kilogrammes d'écorce de chêne, tenant 15 kilog. de tannin, et valant de 0 fr. 80 à 1 fr. L'infusion de cette quantité d'écorce peut précipiter 30 kilog. de matière azotée, c'est-à-dire la quantité qui se trouve ordinairement dans 2,000 kilog. de jus des presses, puisque la teneur moyenne de ces jus, en matières azotées, est de 1,5 0/0 environ.

Pour une dépense très-minime, on peut donc séparer les matières albuminoïdes contenues dans le jus correspondant à un sac de sucre, mais si l'on applique le calcul à d'autres matières plus riches en tannin, on voit que la somme à porter en compte, de ce chef, peut être beaucoup diminuée. Ainsi, s'il faut 50 kilog. d'écorce de chêne pour éliminer les matières albuminoïdes de 1000 kilog. de jus, il ne faut que 14 kil. 370 d'écorce de pin maritime pour produire le même effet, c'est-à-dire que, en employant cette dernière écorce, la dépense ne sera guère que du tiers comparée à celle du cas précédent.

D'autre part, en combinant l'action de la chaleur avec celle du tannin, on trouve que l'on peut séparer presque toute l'albumine coagulable par le calorique et que l'emploi du tannin peut être réduit à un minimum de très-peu d'importance.

Nous avons trouvé expérimentalement que 100 kilog. de betteraves réduites en pulpe exigent en moyenne la solution de 80 gr. cachou, ce qui revient à 240 gr. d'écorce de chêne ou à 85 gr. d'écorce de pin, lorsque la température est portée à 75° avant l'emploi de l'astringent. La quantité de cachou nécessaire est de 110 grammes pour 100 kil. de pulpe, lorsqu'on ajoute la solution astringente avant d'échauffer la masse.

En réfléchissant à la différence des équivalents, on voit que le petit excès de tannin exigé ne demande qu'une quantité insignifiante de chaux pour être neutralisé, puisque 2650 p. de tannin seraient neutralisées par l'équivalent, ou 350 grammes de chaux vive, c'est-à-dire par 462.5 p. de chaux éteinte. Il ne semble donc pas qu'il puisse se présenter d'objections sérieuses contre l'emploi économique du tannin en sucrerie.

Nous ferons observer que les chiffres ci-dessus ayant été obtenus avec des betteraves dont la nature n'était pas très-nettement établie, on ne peut les considérer que comme de simples renseignements. Les données maxima seront établies dans l'étude de la sucrerie agricole, pour laquelle il est urgent de n'avoir pas à recourir à des procédés analytiques dont la pratique serait à peu près impossible.

NOTE E

DES PAPIERS RÉACTIFS.

« Les papiers et autres agents qui servent à indiquer la présence des acides ou des alcalis doivent être conservés en vases clos, à l'abri des altérations causées par les influences extérieures.

« Les papiers réactifs que l'on emploie le plus fréquemment sont le *papier de tournesol,* le *papier de curcuma* et le *papier de Fernambouc.* On se sert encore avec avantage du *sirop de violettes* dans quelques circonstances.

« Les papiers sont découpés en petites bandelettes que l'on conserve en lieu sec.

« Le papier de tournesol bleu dénonce l'acidité en prenant une belle couleur rouge plus ou moins prononcée. Ce papier bleu, rougi par son immersion dans l'eau légèrement vinaigrée, lavé et séché, reprend la couleur bleue par le contact d'un alcali ou d'un sel alcalin.

« Le papier de curcuma est jaune ; il ne change pas par les acides, mais passe au brun rougeâtre par les alcalis.

« Le papier rouge de Fernambouc jaunit par les acides et bleuit par les alcalis.

« Le sirop de violettes passe au vert par les alcalis et au rouge violacé par les acides.

« On se sert fréquemment de papier imbibé de la solution d'acétate de plomb et séché, pour reconnaître la présence de l'acide sulfhydrique et celle des sulfures solubles, qui le colorent en noir par la formation du sulfure de plomb. »

Le papier imbibé de solution pernitrate de fer dénote la présence du tannin, en prenant une coloration noirâtre plus ou moins foncée. La dissolution d'albumine pourrait également servir pour dénoter cet agent.

Le nombre des substances à l'aide desquelles on peut préparer des papiers réactifs est très-considérable, et le lecteur devra recourir aux traités de chimie pour acquérir des notions plus complètes à ce sujet. Ce qui vient d'être dit nous paraît devoir largement suffire à la pratique sucrière, pour laquelle le but capital est de reconnaître promptement l'acidité ou l'alcalinité d'un jus sucré.

NOTE F

HISTOIRE DU CHARBON ANIMAL.

On doit à Félix Fontana (1730-1805) la découverte de la propriété présentée par le charbon végétal ou animal d'absorber les gaz.

En 1791, Lowitz, chimiste russe (1757-1804), et le docteur Figuier, de Montpellier, constatèrent presque en même temps que le charbon est un bon désinfectant. Cette conséquence de la découverte de Fontana a conduit depuis à des applications fort nombreuses.

Lowitz reconnut que le charbon végétal décolore. En 1811, M. Figuier constata que cette propriété est bien plus énergique dans le charbon animal.

Ch. Derosne appliqua à la sucrerie la découverte de Lowitz et de Figuier dès l'année 1812 (page 413).

En 1721, la société de pharmacie de Paris proposa un prix sur ce sujet :

« 1° Déterminer quelle est la manière d'agir du charbon dans la décoloration et, par conséquent, quels sont les changements qu'il éprouve dans sa composition pendant sa réaction.

2° Rechercher quelle est l'influence exercée dans cette même opération par les substances étrangères que le charbon peut contenir.

3° Enfin, s'assurer si l'état physique du charbon animal n'est pas une des causes essentielles de son action plus marquée sur les substances colorantes.

M. Bussy obtint le premier prix, et M. Payen le second.

M. Bussy reconnut que, de toutes les substances contenues dans le noir d'os, la seule qui exerçât une action décolorante est le charbon; il dut rechercher, en conséquence, quel est son mode d'action et l'influence que peuvent exercer les matières avec lesquelles il est mêlé; il trouva :

1° Que la propriété décolorante est inhérente au carbone, mais qu'elle ne peut se manifester que lorsque le carbone se trouve dans certaines circonstances physiques parmi lesquelles la porosité et la division tiennent le premier rang.

2° Que, si les matières étrangères paraissent avoir une influence sur la décoloration, cela tient à ce qu'elles augmentent la surface du charbon qui est en contact avec le liquide.

3° Qu'aucun charbon ne peut décolorer lorsqu'il a été chauffé assez fortement pour devenir dur et brillant; que tous, au contraire, jouissent de cette propriété lorsqu'ils sont suffisamment di-

visés, non point par une action mécanique, mais par l'interposition de quelque substance qui s'oppose à leur agrégation.

4° Que la supériorité du charbon animal, tel que celui du sang, de la gélatine, provient surtout de sa grande porosité, et qu'elle peut être considérablement accrue par l'effet des matières avec lesquelles on le calcine, telles que la potasse.

5° Que la potasse, dans cette circonstance, ne se borne pas seulement à augmenter la porosité du charbon par la soustraction des matières étrangères qu'il contient, mais qu'elle agit sur le charbon lui-même en atténuant ses molécules et que, par cette raison, l'on peut, en calcinant les substances végétales avec la potasse, obtenir un charbon décolorant.

6° Que la force décolorante de différents charbons pour une substance suit généralement le même ordre pour les autres; mais que la différence qui existe entre eux diminue à mesure que les liquides sur lesquels on les essaye sont plus difficiles à décolorer.

7° Que le charbon agit sur les matières colorantes en se combinant avec elles sans les décomposer, comme ferait l'alumine, et que l'on peut, dans quelques circonstances, faire reparaître la couleur et l'absorber alternativement.

M. Bussy dressa des résultats de ses expériences un tableau dont nous extrayons ce qui est relatif à l'industrie des sucres.

Espèces de charbon.	Mélasse 1 partie dans 20 parties d'eau. Quantité décolorée.
Charbon d'os du commerce, 1 gramme.	0l ,009 cent. cubes.
Charbon épuré par l'acide chlorhydrique. . . .	0 ,015
Charbon épuré par l'acide chlorhydrique et par la potasse.	0 ,018
Sang calciné avec la potasse.	0 ,018
Noir de fumée calciné.	0 ,003
Noir de fumée calciné avec la potasse.	0 ,009

De son côté, M. Payen a démontré :

1° Que le pouvoir décolorant des charbons, en général, dépend de l'état de division dans lequel ils se trouvent;

2° Que, dans les divers charbons, le *carbone* agit seul sur les matières colorantes qu'il précipite en s'unissant avec elles;

3° Que, dans l'application du charbon au *raffinage du sucre*, son action se porte aussi sur les matières extractives, puisqu'il favorise singulièrement la cristallisation;

4° Que, d'après les principes ci-dessus, l'action décolorante des charbons peut être modifiée au point que les plus inertes deviennent les plus actifs;

5° Que la distinction que l'on a voulu faire entre les charbons

végétaux et les charbons animaux est impropre et qu'on peut lui substituer celle de *charbons ternes* et *charbons brillants*;

6° Que les substances étrangères au carbone, dans les charbons, en général, et dans le charbon animal, particulièrement, celles qui favorisent l'action décolorante n'ont qu'une influence de position relative seulement au carbone; qu'elles lui servent d'auxiliaires, en isolant toutes ses parties les unes des autres et le présentant ainsi plus libre à l'action des matières colorantes;

7° Que le charbon animal, outre son pouvoir décolorant, a la propriété d'enlever la chaux en dissolution dans l'eau et les sirops.

8° Que ni le charbon végétal, ni quelques autres charbons ne peuvent enlever la chaux ni à l'eau ni aux sirops.

Ces notions théoriques amenèrent même la fabrication momentanée, oubliée presque aujourd'hui, d'un charbon décolorant artificiel. Le procédé employé consistait à calciner le schiste bitumineux de Ménat avec environ 0,30 de son poids d'os d'animaux, et à réduire en poudre fine le résidu de cette carbonisation, ou bien à réduire en poudre fine un mélange de charbon d'os et de schiste de Ménat. Dans tous les cas, il a été reconnu utile d'ajouter au schiste, avant de le carboniser, 0,03 de carbonate de chaux.

M. Pajot des Charmes préfère aussi, dans ses expériences, le charbon d'os au charbon de bois. Cet expérimentateur a trouvé :

1° Que, sur 100 parties de sirop coloré, on rencontre quelquefois jusqu'à 6 parties de matières insolubles très-colorées, séparables par la filtration;

2° Que, cette filtration opérée, on peut amener le sirop marquant de 30° à 32° Baumé à la couleur de l'eau, en le traitant par environ 13 p. 100 de charbon animal en quatre fois successives et à chaud. La première décoloration était faite avec 0,05; la seconde avec 0,04; la troisième avec 0,03; et la quatrième avec 0,01 de noir.

3° Dans une expérience à froid, 50 parties de sucre brut, dissoutes dans autant d'eau, furent traitées : 1° par 1/5 de noir; 2° par 1/7; 3°, 4° et 5° par 1/10. La décoloration était complète.

4° Un sucre brut de basse qualité a exigé trois passages sur le charbon : 1° sur 1/10; 2° et 3° sur 1/6 de son poids à froid.

A la suite de ces expériences, M. Pajot conçut l'idée des *filtres en colonne* pour remédier à la perte de temps occasionnée par les filtrations successives. Il annonçait encore que le charbon animal des sucreries est un excellent engrais, et que le noir usé, calciné de nouveau, se *revivifie* et reprend sa puissance décolorante.

D'après ce qui précède, le lecteur peut voir facilement que l'histoire du noir et de ses propriétés appartient à la chimie française et que les Allemands n'ont eu qu'à prendre, comme d'habitude, Il n'y avait plus rien à faire d'important sur ce point lorsqu'ils sont entrés dans la question, et la sucrerie française avait adopté la pre-

mière l'emploi du noir comme agent de décoloration et d'absorption. Nous tenons à constater le fait et à rappeler que l'idée de la revivification du charbon usé est également une idée française.

Nous ne sommes pas enthousiaste du noir, tant s'en faut, au moins dans les conditions qui président à son emploi ; mais encore pensons-nous qu'il est bon de rapporter à leur véritable origine les faits qui intéressent la sucrerie.

A propos de la propriété absorbante du noir, accusée par Payen (1821), disons que M. Filhol (1852) a démontré que beaucoup d'autres corps, tels que l'alumine, l'hydrate de plomb, celui de fer, etc., partagent cette propriété.

NOTE G

DE LA COMBUSTION ET DE LA VALEUR DE QUELQUES COMBUSTIBLES.

Nous avions émis, dans notre première édition, une opinion qui peut paraître une haute hérésie scientifique à plusieurs personnes, lorsque nous avions dit que *la vapeur d'eau est un bon combustible.*

Il y a, en effet, plusieurs objections à faire contre cette assertion ; mais la plus plausible est celle qui argumente sur l'égalité des forces dépensées avec les forces produites.

En d'autres termes, on dépense autant pour décomposer un kilogramme d'eau que l'on retire de bénéfice du résultat de cette décomposition, en sorte qu'il y a équilibre parfait.

Cela est de toute exactitude. Il convient, cependant, d'étudier la question de plus près, si l'on ne veut pas s'exposer à prendre une prémisse vraie pour point de départ d'une conclusion fausse. Cet équilibre entre la dépense et la production ne prouve rien contre la valeur économique, contre l'utilisation manufacturière, et nous allons le démontrer.

Toute combustion peut se traduire en chimie par une oxydation. Nous ne rechercherons pas les causes par lesquelles l'oxydation peut déterminer la combustion lente, l'érémacausie, ou la combustion vive, et c'est de cette dernière seulement que nous entendons parler dans cette note.

Or, l'oxydation n'est autre chose que la combinaison d'une quantité équivalente d'oxygène avec le corps comburé.

Il est vrai d'ajouter que, toute combinaison développant de la chaleur et de l'électricité, on pourrait étendre le raisonnement

beaucoup plus loin; mais nous bornerons, pour plus de commodité, ce que nous avons à dire aux combinaisons de l'oxygène.

Si nous mettons en présence un équivalent de charbon incandescent avec un équivalent de vapeur d'eau, nous aurons :

Charbon supposé pur (ou carbone)............	75,00
Eau vapeur............................	112,50
Ensemble............	187,50

Le produit du travail sera un équivalent d'oyyde de carbone CO et un équivalent d'hydrogène; nous aurons :

Oxyde de carbone..................	175,00
Hydrogène........................	12,50
Total égal..........	187,50

En sorte que nous aurons dépensé 75 kilogrammes de charbon pour décomposer $112^k,50$ d'eau et mettre en liberté $12^k,50$ d'hydrogène. Ceci ne fait pas l'ombre d'un doute; et le chiffre de la dépense chimique est absolument identique avec le chiffre du produit.

Plaçons-nous maintenant dans les conditions de la pratique.

Supposons une masse de charbon incandescent, brûlant à l'aide d'un, courant d'air, ou d'un mélange d'oxygène et d'azote; soit, sûr ce charbon, établi un courant de vapeur d'eau, dont nous admettons, *hypothétiquement*, l'entière décomposition. Soit le tirage suffisant, ou la source d'oxygène indéfinie.

Prenons pour base 10 équivalents de charbon et 1 équivalent d'eau, et disons que la résultante finale sera la transformation du charbon en acide carbonique $CO^2 = 275$.

La vapeur d'eau produira directement un équivalent d'oxyde de carbone $CO = 175$ et un équivalent d'hydrogène $= 12,50$.

L'oxyde de carbone empruntera un équivalent d'oxygène à l'air et deviendra de l'acide carbonique.

L'hydrogène se combinera également avec un équivalent d'oxygène et fournira un équivalent de vapeur d'eau $HO = 112,50$.

En somme, les 10 équivalents de charbon emprunteront 19 équivalents d'oxygène à l'air et 1 équivalent à l'eau pour former 10 équivalents d'acide carbonique. $10\ CO^2 = 2750$; un autre équivalent d'oxygène sera absorbé par l'hydrogène, et la dépense totale empruntée à l'air atmosphérique et à l'eau sera de 21 équivalents d'oxygène $= 2100$.

On peut, évidemment, en pratique, faire abstraction de cette dépense, laquelle ne peut entrer en ligne de compte que dans les calculs théoriques où tous les éléments de combinaison doivent tenir leur place. Mais, en industrie, il reste acquis la nécessité de ne compter que ce qui coûte un déboursé réel, et nous regarderons l'air comme ne coûtant rien.

La combustion de l'hydrogène ne coûte rien non plus, puisqu'elle se fait par l'oxygène de l'air, et il reste à savoir si cette combustion nous fournit une somme de calories supérieure à ce que l'on dépense pour la décomposition de la vapeur d'eau.

Cette décomposition exige un équivalent de carbone = 75.

Mais l'oxyde de carbone produit repassant à l'état d'acide carbonique par sa combinaison avec l'oxygène de l'air, la chaleur, développée par la condensation de l'équivalent d'oxygène nécessaire, doit venir en déduction. Admettons qu'elle est égale à la dépense faite en réalité, en sorte que le résultat en dépense nette pour la décomposition de 112,5 d'eau n'est que de 75 — 37,50 = 37,50.

De là deux cas, dont le dernier peut être regardé comme hypothétique, au point de vue de l'importance du chiffre.

1° La dépense en carbone nécessaire pour la décomposition de 1 équivalent d'eau peut être portée, au maximum, à 75 kilogrammes.

2° Cette dépense, réduite en considération de la valeur calorifique de l'oxyde de carbone, peut être considérée, au minimum, comme égale à 37^k,500.

Or, si nous adoptons les chiffres de Laplace et de Lavoisier, nous trouvons que l'équivalent calorifique du charbon est de 7,226 calories, tandis que celui de l'hydrogène est de 23,400 calories. Ces nombres représentent la chaleur spécifique de ces deux corps, en sorte que la combustion d'un kilogramme de charbon peut élever la température d'un poids égal d'eau à 7,226 degrés, tandis qu'en brûlant, 1 kilogramme d'hydrogène peut porter 1 kilogramme d'eau à 23,400 degrés.

Mais si l'on a dépensé 75 kilogrammes de charbon pour décomposer 112^k,50 d'eau et produire 12^k,5 d'hydrogène, on a dépensé par le fait 75 × 7,226 calories = 541,950 calories.

L'hydrogène produit ne fournit en brûlant que 12,5 × 23,400 = 292,500 calories, et il est évident qu'on est conduit à une perte de 249,450 calories, si l'on envisage la question sous ce point de vue.

En n'évaluant la dépense en charbon qu'à un demi-équivalent, on trouve que cette dépense s'élève à 270,975 degrés, ce qui donne, en faveur de l'hydrogène, une différence de 21,525 degrés.

Dans la première considération théorique, on arrive forcément à cette conclusion que la décomposition de l'eau ne peut produire aucun bon effet en tant que valeur calorifique; quant à la seconde appréciation, que l'on peut taxer aisément de pure hypothèse, nous comprenons parfaitement les objections que l'on peut asseoir sur cette thèse. Nous demanderons cependant au lecteur de vouloir bien nous suivre dans un autre raisonnement tout aussi rigoureux, mais plus pratique, par lequel il nous semble que les avantages de la présence de l'eau dans la combustion se trouvent suffisamment élucidés.

Toute combustion est une oxydation, avons-nous dit, tout en faisant les réserves nécessaires en ce qui touche la chaleur dégagée par les combinaisons dans lesquelles n'entre pas l'oxygène... Or, toute oxydation suppose l'oxygène et le corps oxydable mis en présence, c'est-à-dire le corps comburant et le corps brûlé. Nous avons ici l'oxygène de l'air et l'oxygène de l'eau, c'est le corps comburant; le charbon et l'hydrogène sont les corps oxydés. Il s'agit, pour étudier la question au point de vue de l'industrie, de savoir quelle est la part de calorique à attribuer à chacun de ces éléments et quelle est la valeur représentative du prix de revient de leur chaleur spécifique.

Faisons abstraction des 9 équivalents de charbon brûlés par l'air seulement, lesquels nous produisent une quantité de calorique connue d'avance, dont le prix brut égale celui de $9 \times 75 = 675$ kilogrammes de charbon.

Nous avons un équivalent de charbon en présence d'un équivalent d'eau et de la quantité d'air nécessaire.

Admettons encore, si l'on veut, que les 9 équivalents de charbon dont nous faisons abstraction contribuent à la décomposition de l'eau et faisons l'analyse de ce qui va se passer sur l'équivalent de charbon et d'eau, en prenant pour base la réaction chimique.

1° L'équivalent de charbon ($= 75$) décomposera l'équivalent d'eau ($= 112,50$) et deviendra de l'oxyde de carbone CO ($= 175$).

2° Cet oxyde de carbone, en présence de l'excès d'air, achèvera sa combustion en passant à l'état d'acide carbonique CO^2 (175).

3° L'hydrogène libre se brûlera et repassera à l'état d'eau HO ($= 112,50$), qui sera entraînée.

Voilà les faits chimiques dans leur plus grande simplicité.

Il est évident que, dans la première réaction, dans la formation de l'oxyde de carbone aux dépens du charbon et de l'oxygène de l'eau, il y a compensation entre la dépense et la production. Il se dépense, pour la décomposition de l'eau, une quantité de calorique égale à celle qui se dégage par la combinaison d'un équivalent de carbone avec un équivalent d'oxygène. Il n'y a donc pas de gain dans cette phase de la combustion, mais bien plutôt la perte ou la dépense d'une quantité de calorique donnée.

Cette quantité égale celle produite dans la formation de CO, laquelle est dépensée par l'analyse de HO.

On peut la chiffrer en disant que la combustion complète du charbon, ou son passage à l'état d'acide carbonique, produisant 541,950 calories, la *demi-combustion*, caractérisée par la formation de l'oxyde de carbone, sera égale en valeur à la moitié de ce chiffre. ou 270,975 calories, ce qui est d'accord avec les faits et les principes.

Dans la seconde phase de la réaction, dans le complément de combustion de l'oxyde de carbone qui passe à l'état d'acide carbo-

nique, la chaleur produite égale 270,975 calories, puisqu'elle est le résultat de la copulation du carbone avec une quantité identique d'oxygène. Cette quantité n'étant compensée par aucune perte, doit être portée en compte.

Enfin, dans la combustion de l'hydrogène, l'oxygène de l'air intervenant comme comburant, le chiffre produit en chaleur dégagée s'élève, pour les 12k,50, à 292,500 calories, ce qui donne un total de 563,475 calories.

Comme la combustion du charbon seul, sans vapeur d'eau, n'aurait produit que 541,950 calories, on voit qu'il y a une augmentation très-réelle de 21,525, due à la présence de cet agent, ce que nous avions déjà fait voir par un calcul précédent.

Ce que nous venons d'établir infirme-t-il en quoi que ce soit la proposition relative à l'égalité des forces productives avec les effets produits? Non pas, certes; mais, comme l'industriel n'a pas à tenir compte de l'oxygène de l'air atmosphérique, comme devrait le faire le chimiste ou le physicien, comme il n'a à s'inquiéter que d'une chose, savoir, la relation qui existe entre sa dépense matérielle et le produit qu'il en retire, nous disons que la vapeur d'eau, passant à travers le combustible incandescent, lui procure un bénéfice de 21,525 calories, puisqu'il ne *paye* pas l'oxygène qui compenserait ce produit.

Dans les conditions où nous nous sommes placé, nous avons supposé 750 kilogrammes de charbon et 112k,50 de vapeur d'eau; ce chiffre d'eau répond à la proportion de 15 pour 100 et nous procure une augmentation de calorique égale à 21,525 calories, c'est-à-dire de près de 4 pour 100 (3,97) sur ce que nous aurions obtenu par la combustion du charbon seul.

Or, il est facile de concevoir que l'on peut augmenter jusqu'à une certaine limite la proportion de l'eau, et que cette limite n'est tracée que par l'arrêt des réactions qui interviennent. On peut hardiment, selon nous, évaluer la quantité d'eau utile à 3 équivalents pour 10 de charbon. Cette mesure nous paraît également applicable au degré de dessiccation des combustibles, lesquels peuvent renfermer 40 à 50 centièmes d'eau réelle, sans grand inconvénient, pourvu que le système d'application de la chaleur soit intelligemment combiné.

On sent, du reste, qu'il y a nécessairement une grande différence de résultats entre les deux méthodes qui se présentent à l'observation.

Dans le cas où l'on injecte de la vapeur avec le courant d'air, à travers la masse incandescente, le maximum des effets se produit d'une manière à peu près constante, tandis que, par la combustion des matières non sèches, une partie du calorique est employée, en pure perte, à vaporiser l'eau qu'elles renferment. Pour obtenir des effets utiles dans ce dernier cas, il convient donc de ne pas dé-

passer un certain rapport d'humidité, d'une part, et de se renfermer dans les conditions que présente habituellement le bois séché à l'air libre. D'un autre côté, le foyer doit être disposé de manière à forcer la vapeur et les gaz de la fumée à se comburer aussi parfaitement que possible.

NOTE H

SURCHAUFFE DE LA VAPEUR DÉTENDUE.

D'après des expériences concluantes, la surchauffe de la vapeur détendue aurait pour résultat d'utiliser, au profit du travail de l'usine, la chaleur qui se dégage par les carneaux et qui est, le plus souvent, perdue dans l'atmosphère. On peut très-facilement porter la température de cette vapeur de + 108° à + 140° ou + 150° en utilisant une disposition fort simple qu'Ericson a déjà mise à profit.

En disposant dans les carneaux des cylindres résistants, accouplés et réunis par des tubes plus petits, et en y faisant circuler la vapeur des machines, avant de l'employer au chauffage des appareils, on obtiendrait le maximum de rapidité dans le travail de la surchauffe, si les cylindres étaient remplis de disques en toile métallique dont les interstices agissent comme surfaces de chauffe. L'accumulation du calorique dans la vapeur se fait avec une rapidité remarquable lorsqu'on la force à traverser un milieu chauffé et rempli de toiles métalliques, comme il vient d'être dit. Par contre, si les cylindres étaient plongés dans un milieu réfrigérant, la vapeur qui les traverse se refroidirait beaucoup plus promptement, par suite de la multiplication énorme des surfaces. Il nous semble démontré, à la suite de recherches spéciales, que l'industrie pourrait trouver dans cette disposition et dans l'emploi des tissus métalliques à mailles étroites un moyen puissant de calorification et de réfrigération...

NOTE I

SUR L'ALCALINITÉ DES LIQUIDES SUCRÉS.

En citant les observations de M. Baudrimont relativement à la cuite, nous avons cru devoir retrancher le passage dans lequel l'auteur appréciait les causes de l'alcalinité des sirops, afin d'éviter une redite peu utile. Ce passage mérite cependant d'être consigné dans un livre dont le but capital est la recherche de la vérité pratique, en dehors des opinions trop légères que formulent certains personnages. Nous le rétablissons ici dans son entier et nous le faisons suivre de remarques sommaires.

Selon M. Baudrimont, « l'alcalinité des sirops peut être produite par de la chaux, par de la potasse et par de l'ammoniaque. La chaux provient constamment de celle qu'on a employée pour déféquer le sucre de betterave. La potasse provient des engrais ou des détritus de matières organiques cultivées avant les betteraves; mais, à quel état cette potasse se trouve-t-elle dans cette plante?

« Selon l'analyse de M. Braconnot, il est probable qu'elle y est à l'état d'oxalate. Elle ne saurait y être à l'état de carbonate, puisque le suc de la betterave est plutôt acide qu'alcalin.

« Lorsque la chaux se trouve en trop grande quantité dans les sirops, et qu'elle les empêche de cuire, elle fait naître un véritable inconvénient de la fabrication, et il faut nécessairement aviser au moyen de s'en débarrasser. Pour cela j'ai souvent employé l'acide sulfurique avec succès. L'emploi de cet acide passe pour très-dangereux, mais, en réalité, il ne l'est nullement lorsqu'on s'en sert convenablement. Les sirops qui refusent de cuire par excès de chaux sont toujours très-alcalins, et par conséquent ils ramènent au bleu le papier de tournesol rougi par un acide. On a essayé de neutraliser exactement ces sirops, et il en est résulté les plus graves inconvénients : de là, l'erreur qui a fait rejeter l'emploi de l'acide sulfurique en cette circonstance.

« Le mauvais effet de l'acide sulfurique employé de cette manière vient de ce que l'alcalinité des sirops est en partie due à de l'ammoniaque, de ce que le sulfate d'ammoniaque produit se décomposant à la cuite, comme il a été dit précédemment, l'acide sulfurique réagit rapidement sur le sucre et le détruit.

« Pour être sûr d'employer l'acide sulfurique sans inconvénient, il faut bien se garder de neutraliser complétement les sirops. Il faut toujours leur conserver un grand excès d'alcalinité et *n'ajouter d'acide que juste ce qu'il faut pour permettre au sirop d'atteindre le*

degré de la cuite. Cela s'obtient facilement, à l'aide de tâtonnements; mais avant d'ajouter l'acide au sirop, il est indispensable de le mêler avec huit ou dix fois son volume d'eau.

« Si le carbonate d'ammoniaque était d'un prix moins élevé, on pourrait l'employer pour précipiter la chaux; mais il aurait encore l'inconvénient de laisser dans le sirop une immense quantité d'ammoniaque qui ne serait chassée que péniblement par la chaleur, *probablement parce qu'elle serait combinée avec le sucre en remplacement de la chaux*.

« On peut encore repasser les sirops sur un filtre de charbon, mais cela est peut-être trop dispendieux pour être employé avec avantage.

« L'acide carbonique est celui de tous les corps qui offrirait le moins d'inconvénients, et on pourrait l'obtenir à un très-bas prix. Seulement il exigerait un appareil particulier. La quantité d'acide hydrochlorique qui suffirait pour neutraliser la chaux du sirop suffirait également pour décomposer le carbonate de chaux, dont l'acide serait employé pour enlever cette chaux.

« Il n'est aucun doute qu'il existe de la potasse dans la betterave, mais elle peut être combinée à différents acides, et cela est fort difficile à déterminer. On est conduit à l'admettre à l'état libre après la défécation; sa présence pourrait expliquer quelques phénomènes, et il m'a été impossible de la démontrer autrement que par l'observation suivante : lorsqu'on sature du sirop de betteraves conservées dans des silos, et auxquelles on a ajouté beaucoup de chaux, voici ce qu'on observe : en versant avec ménagement de l'acide sulfurique dilué, il se forme un nuage blanc qui disparaît par l'agitation; si l'on examine la liqueur dans un tube d'un diamètre en raison inverse de l'intensité de sa coloration, on voit qu'elle est restée limpide; cela peut se répéter plusieurs fois. Le nuage blanc qui se forme est du sulfate de chaux qui troublerait immanquablement la liqueur s'il n'y avait dans le sirop de la potasse libre qui le décompose instantanément, l'ammoniaque ne pouvant agir de la même manière, puisque les sels de cette base sont décomposés par la chaux. A une certaine époque de la saturation, le sulfate de chaux ne disparaît plus, et il se dépose lentement. Si le dépôt est abondant, à lui seul il peut s'opposer à la cuite du sirop ou la retarder considérablement. C'est pourquoi il faut attendre qu'il ne reste plus rien en suspension pour que la saturation ait un résultat favorable. Si l'on voulait refiltrer un pareil sirop, il faudrait également attendre que le dépôt fût formé pour que la filtration marchât bien. Pour ne point perdre de temps, on pourrait le clarifier. Ce dépôt, analysé à l'état humide, contient, indépendamment du sirop, beaucoup de sulfate de chaux, très-peu de sulfate de potasse et des traces d'albumine. La présence du sulfate de potasse est expliquée par son peu de solubi-

lité, si on la compare à celle des autres sels de la même base, et l'albumine était probablement tenue en dissolution par la potasse libre. »

NOTE J

REMARQUES SUR LA CRISTALLISATION DU SUCRE.

Nous avons développé, à l'égard de la cristallisation en général et de la cristallisation du sucre en particulier, cette idée théorique que *les individus cristallins* qui se forment dans un milieu donné sont toujours purs, quel que soit le milieu, et qu'ils n'ont besoin que d'un simple lavage qui les débarrasse de l'eau mère dont ils sont souillés. Cette idée ne peut être démentie par l'observation, pourvu que les cristaux se présentent à l'état d'individus simples et non pas d'agrégations cristallines.

Il convient encore de faire une exception pour le cas où les cristaux d'un corps donné se trouvent en présence d'un autre corps susceptible de former avec eux des cristaux composés, des combinaisons chimiques réelles, comme les sels doubles nous en offrent de nombreux exemples.

C'est ainsi que le sulfate de potasse ne cristallisera pas pur, en présence d'une dissolution de sulfate d'alumine et qu'il se déposera des cristaux de sulfate double ou d'alun alumini-potassique.

De même, le sucre ne cristallisera pas pur, en présence du chlorure de sodium, du chlorhydrate d'ammoniaque, avec lesquels le sucre forme des combinaisons cristallisables.

Ces réserves générales faites, nous maintenons la proposition que nous avons émise au sujet de l'influence négative des eaux mères.

Il existe cependant une contradiction *apparente* entre ce que nous venons d'exposer et une opinion de l'illustre chimiste suédois Berzélius, qui s'exprime ainsi dans son *Nouveau système minéralogique :*

« Quant à ce qui concerne la cristallisation, il arrive rarement ou jamais qu'elle produise des cristaux absolument purs. Nous savons, par expérience dans nos laboratoires, que les cristaux renferment toujours une portion des substances contenues dans l'eau mère, la quantité desquelles, dans le cristal, est en rapport au degré de saturation de l'eau mère avec ces substances. »

Nous disons que cette contradiction n'est qu'apparente, parce

que nous partageons complétement cette opinion pour tout ce qui touche les cristaux qui ne sont pas de simples individus cristallins. Berzélius nous paraît être complétement dans le vrai, si l'on n'applique son opinion qu'au cas auquel il en a lui-même fait l'application, celui où les éléments hétérogènes sont en proportion considérable dans la solution. C'est là ce qui arriverait pour les solutions sucrées, si elles contenaient une proportion notable de corps étrangers, solubles, cristallisables dans le même système que le sucre, jouissant d'une solubilité à peu près identique.

Mais ce n'est pas là le cas des sirops de cuite auxquels on a affaire en sucrerie, et les matières étrangères au sucre étant beaucoup plus solubles que lui, notre proposition demeure entière et inattaquable.

NOTE K

DESTRUCTION DES MATIÈRES AZOTÉES DU NOIR.

L'un des produits les plus utiles à l'agriculture et à l'industrie est certainement l'ammoniaque. La quantité de ce composé qui est perdue dans les opérations de la sucrerie, est énorme. Une fabrique traitant 100,000 kil. de racines par jour de 22 heures sépare de la pulpe, dans les 88,000 kil. de jus, $1,5 \times 880 = 1320$ kil. de matière azotée qui représentent 85 kil. 80 d'azote ou 104 kil. 18 d'ammoniaque anhydre, c'est-à-dire 520 kil d'ammoniaque du commerce.

Cette perte a lieu par les écumes et les dépôts, par le noir animal, etc., par la volatilisation à la défécation. Aujourd'hui que l'ammoniaque du commerce est un déchet de la fabrication du gaz d'éclairage, il serait d'urgence et d'intérêt public de soustraire la consommation agricole et industrielle aux exigences et à la rapacité des compagnies gazières, devant lesquelles toute concurrence a disparu et dont un monopole de fait, fort injuste, fait la seule puissance.

C'est une question de 200 francs par jour dans une fabrique de sucre, de l'importance prise pour type. Nous comprendrions facilement le *statu quo*, si les matières albuminoïdes restaient dans la pulpe, car la production viande est plus intéressante que celle de l'ammoniaque et des sels de cette base; nous admettons même volontiers l'emploi des écumes pour l'engrais du sol, lorsqu'on ne néglige pas de les appliquer en temps opportun et qu'on ne laisse

pas ces matières s'altérer et perdre leur valeur. Ce que nous comprenons moins, c'est la fermentation du noir et la calcination de cette substance, avant qu'on en ait retiré la matière azotée sous forme d'ammoniaque. Or, le noir, par l'ébullition dans l'eau alcaline après le dégraissage, restitue très-facilement l'ammoniaque formé par l'azote des matières protéiques absorbées. Il ne s'agirait que de constituer un outillage simple dans lequel ce traitement pourrait s'effectuer. Un cylindre, muni d'un agitateur, et un réfrigérant suffiraient pour le travail, et l'on pourrait recevoir l'ammoniaque dans l'acide sulfurique étendu. Nous avons vu que la décomposition des substances azotées s'opère très-bien en présence d'un peu de soude et de sucrate de chaux préparé avec de la mélasse épuisée. Il y a là, ce nous semble, une idée économique à étudier.

NOTE L.

RELATIVE A L'HISTOIRE DE LA SUCRERIE INDIGÈNE.

Après avoir encouragé par les moyens les plus efficaces la création de la sucrerie indigène en France, l'empereur Napoléon Ier, non content de récompenser par des distinctions honorifiques les efforts tentés, d'encourager par des allocations en argent les travaux de la nouvelle industrie, résolut de la constituer définitivement et d'en faire une œuvre française. Nous mettons sous les yeux du lecteur un document trop peu connu de la fabrication et qui témoigne de la sollicitude du grand capitaine pour tout ce qui touchait à l'intérêt national.

DÉCRET IMPÉRIAL *concernant la fabrication du sucre de betterave.*

Au Palais des Tuileries, le 15 janvier 1812.

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, ROI D'ITALIE, etc.

NOUS AVONS DECRÉTÉ ET DÉCRÉTONS ce qui suit :

TITRE PREMIER.

Ecoles de fabrication pour le sucre de betterave.

Art. Ier. — La fabrique des sieurs *Barruel* et *Chapelet*, plaine des Vertus et celles établies à Wachenheim, département du Mont-Ton-

nerre, à Douai, à Strasbourg et à Castelnaudary, sont établies comme écoles de chimie pour la fabrication du sucre de betterave.

II. — Cent élèves sont attachés à ces écoles; savoir, quarante à celle des sieurs *Burruel* et *Chapelet*, quinze à celle de Wachenheim, quinze à celle de Douai, quinze à celle de Strasbourg, quinze à celle de Castelnaudary.

III. — Ces élèves seront pris parmi les étudiants en pharmacie, en médecine et en chimie.

Il sera donné à chacun une indemnité de 1000 francs lorsqu'ils auront suivi l'école pendant plus de trois mois, et qu'ils recevront des certificats constatant qu'ils connaissent parfaitement les procédés de la fabrication, et qu'ils sont en état de diriger une fabrique.

TITRE II.

Culture des betteraves.

IV. — Notre ministre de l'intérieur prendra des mesures pour faire semer dans l'étendue de l'empire cent mille arpents métriques de betteraves.

TITRE III.

Fabrication.

V. — Il sera accordé dans tout l'empire cinq cents licences pour la fabrication du sucre de betterave.

VI. — Ces licences seront accordées de préférence : 1° à tous propriétaires de fabriques ou de raffineries; 2° à tous ceux qui ont fabriqué du sucre en 1811 ; à tous ceux qui auraient fait des dispositions et des dépenses pour établir des ateliers de fabrication pour 1812.

VII. — Sur ces cinq cents licences, il en est accordé de droit au moins une à chaque département.

VIII. — Les préfets écriront à tous les propriétaires des raffineries, pour qu'ils aient à faire leur soumission pour l'établissement desdites fabriques pour la fin de 1812.

A défaut par les propriétaires de raffineries d'avoir fait leur soumission au 15 mars ou au 15 avril, ils seront considérés comme ayant renoncé à la préférence qui était accordée.

IX. — Les licences porteront obligation, pour celui qui les obtiendra, d'établir une fabrique capable de fournir au moins 10000 kil. de sucre brut de 1812 à 1813.

X. — Tout individu qui, ayant reçu une licence, aura effectivement fabriqué au moins 10000 kil. de sucre brut provenant de la récolte de 1812 à 1813, aura le privilége et l'assurance, par forme d'encouragement, qu'il ne sera mis aucun octroi ni imposition quel-

conque sur le produit de sa fabrication pendant l'espace de quatre années.

XI. — Tout individu qui perfectionnerait la fabrication du sucre, de manière à en obtenir une plus grande quantité de la betterave, ou qui inventerait un mode de fabrication plus simple et plus économique, obtiendra une licence pour un plus long terme, avec l'assurance qu'il ne sera mis aucun octroi ni imposition quelconque, pendant la durée de sa licence, sur le produit de sa fabrication.

TITRE IV.

Création de quatre fabriques impériales.

XII. — Quatre fabriques impériales de sucre de betterave seront établies en 1812, par les soins de notre Ministre de l'intérieur.

XIII. — Ces fabriques seront disposées de manière à fabriquer, avec le produit de la récolte de 1812 à 1813, 2 millions de kilogrammes de sucre brut.

TITRE V.

Création d'une fabrique dans le domaine de Rambouillet.

XIV. — L'intendant général de notre couronne fera établir dans notre domaine de Rambouillet, aux frais et au profit de la couronne, une fabrique de sucre de betterave, pouvant fabriquer 20000 kil. de sucre brut avec le produit de la récolte de 1812 à 1813.

XV. — Nos Ministres sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Signé : NAPOLÉON.

Par l'Empereur : *Le Ministre Secrétaire d'Etat,*

Signé : le comte DARU.

La sucrerie indigène était fondée. L'empereur, dont le génie avait parfaitement compris la contagion de l'exemple, dans la paix comme dans la guerre, se faisait fabricant de sucre! Du reste, les éloges unanimes, les louanges universelles durent lui prouver, par leur spontanéité, qu'il venait de tracer la route à l'un des faits les plus considérables du siècle et qu'il venait de créer l'industrie la plus utile à la nation française et au monde européen. Les témoignages affluent et, lorsque les Allemands le déclarent le second père de l'industrie sucrière, ils ne font que répéter ce qui était alors dans toutes les bouches.

On ne songeait guère aux trahisons, aux défections, aux apostasies qui devaient s'étaler deux ans plus tard, dans tout le cynisme d'une misérable palinodie. On ne pouvait prévoir alors qu'un temps viendrait, où la statue du grand homme, si passionné pour la

gloire et la prospérité de la France, que le monument élevé à la gloire de ses soldats serait détruit par une troupe odieuse de bandits, à l'instigation d'un stupide barbouilleur, dont l'ineptie et la vanité marqueraient un des épisodes les plus honteux de nos discordes...

Nous ne voulons pas répéter tout ce qui se disait à cette époque de travail et d'enfantement, où tous rivalisaient de la plus généreuse ardeur. Nous ne voulons soulever qu'un coin du voile historique et rappeler quelques-unes des appréciations de la Société d'encouragement à l'égard du gouvernement impérial, surtout en ce qui se rapporte à la sucrerie, afin de pouvoir les rapprocher des agissements de cette société en 1814.

« Il est de notre devoir de parler ici des marques d'estime et d'intérêt que le Ministre de l'intérieur n'a cessé de nous prodiguer. Il a bien voulu, soit en donnant la plus grande publicité à nos programmes, soit par d'autres dispositions, concourir au succès de nos efforts pour exciter l'émulation de la classe industrielle...

« Vous voyez, Messieurs, que, de tous les points de l'empire et même de l'étranger, on a manifesté le désir d'établir des relations avec la Société. Partout nous avons trouvé un grand empressement à seconder nos vues; ce zèle ne saurait faire oublier par les hommes qui savent combien est puissante l'impulsion que donne un gouvernement; et *en existe-t-il qui s'occupe plus que le nôtre des moyens de faire parvenir l'industrie au plus haut degré de prospérité*. Instruction, achats de modèles de machines les plus nouvelles, création d'établissements spéciaux; il ne néglige rien de ce qui peut la faire fleurir; les sacrifices pécuniaires, il les prodigue. Nous avons été témoins de ceux que Sa Majesté a faits en 1811 pour venir au secours des manufactures gênées par suite des circonstances; *elle a disposé en leur faveur de sommes immenses*[1]. Vous avez apprécié ces bienfaits dans toute leur étendue, et les rappeler ici, c'est faire connaître aux hommes industrieux qu'ils sont l'objet de la sollicitude particulière du souverain (*Assemblée générale du* 18 *mars* 1812). »

« Vous avez lu, Messieurs, dans le *Bulletin*, une foule de notes et d'instructions sur la fabrication du sucre de betterave. Si le prix que vous aviez proposé pour cette fabrication n'a point été décerné, ce n'est pas qu'il n'ait excité beaucoup d'émulation, puisqu'on se livre, dans presque toutes les localités de l'empire, à l'exploitation de la nouvelle industrie. Il paraîtrait que les encouragements donnés par Sa Majesté, à l'effet de l'établir, ont détourné de se présenter au concours ceux qui auraient été dans le cas de le faire. *Ces encouragements, qui ont nécessité la disposition de sommes considérables, n'étonnent point la Société d'encouragement qui sait combien*

1. Soutenir l'industrie, c'est soutenir l'ouvrier, c'est favoriser le bien-être par le travail. Cela est vrai dans tous les temps et sous tous les régimes.

notre auguste souverain désire de faire parvenir notre industrie au plus haut point de prospérité. Grâce à ses soins, la fabrication du sucre est une industrie entièrement acquise à la France, et elle ne peut manquer de prendre un nouveau développement, si l'on considère qu'elle procure d'immenses profits à ceux qui l'exploitent et que les procédés d'extraction se perfectionnent tous les jours (*Assemblée générale du* 31 *mars* 1813). »

Nous ne pousserons pas plus loin les citations de ce genre, elles suffisent pour faire voir que l'empereur Napoléon Ier fut le créateur de la sucrerie de betterave, en France, que l'une des préoccupations les plus vives de ce *tyran* fut la prospérité de l'industrie nationale, que toutes ses vues étaient tournées vers le bien-être et le bonheur de la nation, enfin, qu'il ne reculait devant aucun sacrifice pour assurer l'avancement des arts utiles. C'est tout ce que nous voulions bien constater.

Vinrent les commencements désastreux de 1814. L'invasion étrangère avait foulé le sol de la patrie en deuil, ramenant avec elle l'héritier des Bourbons. Dès les premières défaites des généraux de Napoléon, les *Bulletins de la Société d'encouragement* cessent d'être *polis* à l'égard du Ministre qui l'avait protégée, à qui elle devait toute l'extension qu'elle avait prise; il n'est plus question des bienfaits de l'*auguste souverain;* on se recueille dans la froideur et l'attente, afin de faire *utilement* la cour au vainqueur.

La Société se réunit en assemblée générale, le 11 mai 1814, après les tristes événements qui avaient ouvert à l'étranger les portes de Paris et lui avaient livré la France.

La séance fut ouverte à sept heures du soir, sous la présidence du *comte* Chaptal, qui avait été comblé de faveurs par l'empereur, dont il avait été le ministre. M. le baron Degérando, secrétaire de la Société, a lu le rapport sur les travaux de l'année 1813, et nous en extrayons littéralement ce qui suit :

«... Les travaux du conseil d'administration n'ont pas été interrompus pendant les désastres dont nous avons eu le malheur d'être les témoins. Il a *paisiblement* continué ses efforts au milieu des orages politiques et du tumulte des armes; voici l'indication des principaux documents qu'il a reçus de ses membres. »

Suit l'énumération de toutes sortes de choses, d'un intérêt assez médiocre, d'ailleurs; mais M. le baron rapporteur ne trouve pas un mot sur cette industrie sucrière, créée par le souverain qui venait de succomber dans sa lutte contre l'Europe entière.

Le sucre indigène ne semble pas avoir jamais existé, tant on fait autour de sa cause un silence profond, pour éviter de troubler la quiétude de Sa Majesté royale en lui rappelant le souvenir de l'usurpateur. N'était-ce pas une création de *Buonaparte*, de cet homme dont la pensée faisait trembler Louis XVIII jusque dans sa retraite de Gand, et qui avait tenu l'Europe courbée sous sa volonté? On

ne pouvait trop se venger de sa gloire et de ses bienfaits; on aurait voulu effacer jusqu'à la mémoire de ses œuvres.

Donc, pas un mot de la sucrerie indigène, désormais sans protecteur et qui n'a plus rien à espérer, rien à attendre. Les rancunes sont là qui veillent et la lutte va bientôt commencer pour l'industrie naissante.

C'est dans cette séance du 11 mai 1814, que le rapporteur Degérando osa mettre le public dans la confidence des démarches officielles faites par la Société auprès de l'empereur de Russie, et afficher toute la sympathie que lui inspiraient les alliés, c'est-à-dire les ennemis du pays. Voici dans quels termes le baron termine son factum :

« Vous ne nous pardonneriez point, messieurs, de terminer ce compte rendu sans vous rappeler les détails d'une circonstance aussi touchante pour ceux qui en ont été témoins qu'*honorable* pour notre Société, qui occupera, nous osons le dire, une place véritablement sacrée dans nos souvenirs, et qui offre à tous une bien noble récompense de nos efforts. Vous connaissez déjà les témoignages d'estime que notre Société a reçus de la part de deux des souverains qui, *conduits par la victoire au milieu de nous*, se sont montrés *les libérateurs de la nation*, *les protecteurs généreux de notre propre gloire*, *les amis des sciences et des arts*, dont l'auguste alliance semble n'avoir eu pour but que de prévenir ou soulager les maux, de répandre les bienfaits et de restaurer la grande patrie européenne.

« S. M. l'Empereur Alexandre a daigné admettre, le 7 de ce mois, une députation de la Société d'encouragement à l'honneur de lui présenter la collection de ses mémoires. M. le comte Chaptal a porté la parole en ces termes :

« Sire, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a « l'honneur de présenter à Votre Majesté la collection de ses « œuvres.

« Le goût éclairé de Votre Majesté pour les arts nous fait espérer « qu'Elle recevra avec bonté cet *hommage de notre vénération*.

« Votre Majesté permettra encore à la Société d'encouragement « de lui exprimer, *au nom de tous les artistes français* (?), la recon- « naissance dont ils sont pénétrés envers Elle, pour avoir conservé « au milieu des malheurs de la guerre, nos arts et nos monuments. « Cette gloire n'appartient qu'à vous, Sire, et les artistes qui con- « sacrent celle des grands princes par des monuments durables la « reproduiront sous toutes les formes, pour transmettre aux géné- « rations les plus reculées ce bel exemple de modération, d'hé- « roïsme et de grandeur d'âme. »

S. M. I. a répondu :

« Qu'Elle recevait avec une véritable satisfaction l'expression des « sentiments d'une Société qui se recommande par des travaux

« aussi utiles; qu'Elle n'avait eu aucun mérite à protéger les éta-
« blissements de la capitale ; qu'Elle n'avait fait en cela que suivre
« les mouvements de son cœur; que les sentiments qu'on lui té-
« moignait à Paris étaient d'ailleurs pour lui une bien douce ré-
« compense. »

« S. M. a demandé ensuite à faire connaissance (telles ont été ses expressions) avec chacun des membres de la députation, *qui étaient au nombre de vingt-cinq*. L'Empereur s'est montré instruit du nom et des travaux de la plupart d'entre eux, s'est entretenu avec plusieurs sur diverses branches d'industrie, a demandé des détails particuliers sur la nature de notre Société, a témoigné à chacun une bonté parfaite. La conversation étant ensuite devenue générale, cet auguste souverain a repoussé tous les hommages que sa rare magnanimité faisait sortir naturellement du fond des cœurs. Dans le nombre des paroles sorties de sa bouche, nous avons entre autres recueilli celles-ci : « Empêcher le mal n'est pas un mérite, mais un
« devoir... Je voudrais aussi faire le bien; je sais combien les arts
« utiles que vous cultivez y contribuent, et je chercherai à faire
« fructifier dans mes États les découvertes renfermées dans vos
« mémoires... Je désire vivement avoir contribué au bonheur de
« la France; si j'ai pu y réussir, ce sera le plus beau de mes
« titres. »

« Tous nos cœurs lui disaient en secret que ce titre lui était bien dignement acquis; que n'a-t-il pu y lire les sentiments dont nous étions pénétrés, entendre les paroles que nous nous adressions les uns aux autres en le quittant! Nous osons croire que sa grande âme en aurait joui. Nous chercherions en vain, messieurs, à vous transmettre les impressions que nous a laissées l'accueil de cet auguste *ami de l'humanité, restaurateur des trônes et ami des nations*, s'entretenant des arts modestes, mais utiles, que vous cultivez, avec un intérêt si vrai, une si aimable affabilité, avec cette simplicité qui décore si dignement la vraie grandeur, comme la générosité la caractérise.

« En lui exprimant notre commune reconnaissance, nous avons rempli un devoir; en vous retraçant fidèlement ses paroles, nous l'aurons plus dignement loué que par nos propres discours.

« S. M. l'Empereur d'Autriche a reçu aujourd'hui la députation de la Société.

« M. le Président, en offrant à cet auguste monarque l'hommage de nos travaux et de nos sentiments, lui a exprimé tout le prix qu'il attache à obtenir le suffrage et la bienveillance d'un prince qui honore d'une protection si marquée les établissements utiles et qui en apprécie avec tant de discernement tous les détails. S. M. a agréé avec un intérêt marqué la démarche de la Société d'encouragement, lui a témoigné sa haute estime pour les institutions qui concourent au progrès des lumières.

« Elle a ajouté « que leur propagation dans tous ses États était un « des principaux objets de sa sollicitude; qu'Elle éprouve la plus « vive satisfaction en visitant les établissements de Paris; qu'Elle « regrettait de ne pouvoir prolonger son séjour pour en jouir à son « gré, mais qu'Elle voulait se hâter de *soulager la France du séjour « des étrangers*; qu'un jour, quand l'Europe jouirait pleinement « de cette paix qui a été la première ambition de son cœur, Elle « reviendrait avec plaisir, comme simple voyageur, au milieu de « nous. »

« Nous avons recueilli, avec une profonde reconnaissance, les paroles d'un prince dont les vertus héréditaires ont commandé la vénération des peuples, qui honore d'un intérêt particulier tous les arts utiles, qui, en parcourant nos établissements, s'est montré partout un appréciateur si exercé, et qui professe de n'ambitionner de conquêtes que dans le domaine des lumières.

« Il est donc permis de l'espérer enfin. L'industrie, qui aussi fut contrainte de *s'associer à la guerre* désolatrice du monde, de prendre une *attitude hostile,* de seconder les *projets de la haine,* l'industrie va poser les armes, s'il est permis de dire ainsi. Les nations verront se rétablir ce commerce loyal et réciproque des lumières utiles, qui les multiplie en les propageant. Nous serons émules, au lieu d'être ennemis; on cherchera à surpasser les établissements des peuples étrangers et non à les détruire.

« Ah! l'année qui vient de s'écouler, si désastreuse pour notre patrie, fut aussi une année de deuil pour les arts. Votre courage et votre zèle ne se sont pas ralentis dans des circonstances si peu favorables. Mais aujourd'hui, du moins, quelle carrière s'ouvre devant vous! et combien les sentiments qui vous rassemblent ne doivent-ils pas se ranimer au grand foyer de l'esprit public, que nous voyons enfin renaître plus pur et plus ardent que jamais! Si la Société d'encouragement pour l'industrie nationale n'existait pas, c'est à ce moment qu'il faudrait la créer. D'un côté, *après quelques années d'une faveur trop passagère, d'un développement rapide, mai trop incertain,* l'industrie française, expirante aujourd'hui sous le poids des malheurs publics, invoque les secours de tous les amis du bien [1]. Les ateliers sont déserts, les magasins remplis de matières sans emploi, les ressorts qui mettaient en jeu tant de mécanismes divers, inactifs; l'affligeant spectacle de la mendicité a remplacé le tableau animé du travail, et l'appareil d'une profonde misère règne autour des sources jadis si fécondes de la richesse publique. Combien de maux à réparer! Mais, d'un autre côté, que de nouvelles espérances! Un *avenir de repos* nous est enfin rendu, après tant de

1. On doit savoir gré au baron rapporteur Degérando d'avoir bien voulu reconnaître implicitement le *développement rapide de l'industrie française, sous l'impulsion de la faveur impériale;* c'est beaucoup au milieu de tant de lyrisme!

calamités et d'orages; l'humanité en deuil sourit au retour de la paix; la terre consolée voit de *longues et inutiles guerres* faire place au rétablissement d'une *alliance fraternelle entre tous les peuples*; des princes, dont la bienfaisance est le premier caractère, viennent consoler nos *longues infortunes*, ou plutôt se consoler avec nous des malheurs qu'ils ont partagés. Ils aiment la France et ils en sont chéris. Les descendants de ceux qui semèrent sur notre territoire le germe des arts, sous la protection desquels il se développa, viennent répandre sur l'activité du génie français cette rosée fécondante d'une *autorité tutélaire qui protége sans gêner*, *qui encourage sans commander*.

« Appelés à la touchante mission de réparer tous les maux, en régénérant notre patrie, ils donneront aussi une nouvelle vie aux diverses branches de la fortune nationale. Le Français, rendu à son propre caractère, à la confiance et à l'amour, conservant les fruits qu'il obtint du progrès des lumières au milieu du retour de l'ordre, et voyant les institutions libérales s'unir à la restauration de la monarchie, suivra en liberté les mouvements de cet esprit inventif qui lui est propre. Et nous, messieurs, nous seconderons de nos modestes efforts, en ce qui dépendra de nous, cette généreuse direction vers une *prospérité plus vraie*, vers une *gloire plus pure*. Nous saluerons avec transport l'aurore d'un jour serein; nous offrirons notre tribut à la patrie renaissante, et nous nous réjouirons de pouvoir commencer notre quatorzième année sous de semblables auspices. »

Et tous ces hommes, hier courtisans du régime tombé, s'associaient à cette palinodie; ils étaient présidés par Chaptal, comte de l'empire, et ils ne réfléchissaient pas que, dans toutes ces platitudes, les empereurs de Russie et d'Autriche s'étaient seuls conduits en Français, tandis que les Français donnaient de nouvelles et tristes preuves de leur mobilité et de leur ingratitude.

Cependant Brillat-Savarin, qui se faisait appeler ce jour-là Brillat *de* Savarin, tout en prodiguant l'encens à la cause bourbonnienne, reconnaît plus nettement les bienfaits de l'ère impériale :

« *Ne le dissimulons jamais, messieurs*, dit-il, *la Société doit beaucoup au gouvernement qui vient de finir;* elle *devra* encore plus à celui qui commence sous de si heureux auspices... »

Toute la différence qui existe entre un fait accompli et des espérances! Du reste, le changement que nous reprochons à Chaptal, malgré toute notre admiration pour son talent, n'est pas moins odieux chez le baron Degérando.

Ce Lyonnais, baron de l'empire, devait tout à la famille impériale; il avait été le protégé de Lucien, et l'Empereur l'avait assez distingué pour le charger de missions importantes et le faire entrer au conseil d'État. Il est vrai de dire que, après la chute de l'empire, il était profitable d'insulter l'empire, afin de conserver, sous

la Restauration, la place qu'on tenait de l'empire. Nous avons vu, depuis, les mêmes retours, les mêmes duplicités, et Chaptal, Degérando et les autres, d'une époque déjà éloignée, ne nous étonnent plus. Ce que nous regardions comme une sorte de monstruosité n'est qu'un fait vulgaire, une preuve d'habileté, de savoir faire, et nous en avons vu tant d'exemples depuis, après les désastres de 1870 surtout, que nous n'en éprouvons plus la même indignation.

La colère s'est changée en mépris pour toutes les ingratitudes et tous les hypocrites, dans quelque parti politique ou dans quelque opinion qu'on les rencontre; mais nous devions à nous-même d'esquisser cette page d'histoire, qui se rattache si étroitement à la naissance de la sucrerie indigène.

NOTE M.

MOTIFS DU BLOCUS CONTINENTAL.

Beaucoup de personnes parlent inconsidérément du blocus continental sans comprendre les motifs qui ont déterminé cet acte politique. Nous en avons dit quelques mots (p. 393), et nous croyons devoir reproduire les considérants exposés par l'empereur Napoléon Ier, dans le décret de Berlin du 21 novembre 1806, et dans une lettre au Sénat.

Extrait du décret de Berlin du 21 *novembre* 1806.

« Considérant que l'Angleterre n'admet pas le droit des gens suivi universellement par les peuples policés, qu'il est naturel d'opposer à l'ennemi les armes dont il se sert, lorsqu'il méconnaît toutes les idées de justice et tous les sentiments libéraux, nous avons résolu d'appliquer à l'Angleterre les usages qu'elle a consacrés dans la législation maritime, et d'en faire un principe fondamental de l'empire, jusqu'à ce que l'Angleterre ait reconnu que le droit des gens sur mer est un et le même sur terre et sur mer, qu'il ne peut s'étendre ni aux propriétés privées ni à la personne des individus étrangers à la profession des armes, et que le droit de blocus doit être réservé aux places fortes réellement investies par des forces suffisantes...

« Les îles Britanniques sont déclarées en état de blocus et tout commerce et correspondance est interdit avec elles. Tout sujet

anglais qui sera trouvé dans les pays occupés par nos troupes ou celles de nos alliés sera fait prisonnier de guerre; tout magasin, toute marchandise et toute propriété appartenant à un sujet anglais sont déclarés de bonne prise; le commerce des marchandises anglaises est défendu, et toute marchandise appartenant à l'Angleterre ou provenant de ses fabriques est déclarée de bonne prise; aucun bâtiment anglais ou venu des possessions anglaises ne peut être reçu dans les ports de la France ou de ses alliés.

« Nous avons mis les Iles Britanniques, écrit l'Empereur au Sénat, en état de blocus, et nous avons ordonné contre elles des dispositions qui répugnent à notre cœur. Il nous en a coûté de faire dépendre les intérêts des particuliers de la querelle des rois, et de revenir, après tant d'années de civilisation, aux principes qui caractérisent la barbarie des premiers âges des nations. Mais nous avons été contraint à opposer à l'ennemi les mêmes armes dont il se servait contre nous. Ces déterminations, commandées par un juste sentiment de réciprocité, n'ont été inspirées ni par la passion ni par la haine. Les conditions que nous avons offertes (après avoir dispersé trois coalitions qui ont tant contribué à la gloire de nos peuples), nous les offrons encore aujourd'hui que nos armes ont obtenu de nouveaux triomphes... »

NOTE N.

RÉSULTATS INDUSTRIELS DE LA MACÉRATION.

Cent mille kilogrammes de racines à 10 0/0 de richesse fournissent par la pression 88,000 kil. de jus normal. La macération bien conduite, avec le minimum d'eau, peut donner aisément 94,000 kil. de ce même jus normal, lorsque les pulpes sont soumises à une pression d'épuisement et que les jus de pression rentrent dans le travail. Il y a donc un bénéfice brut de 6,000 kil. de jus, c'est-à-dire de 600 kil. de matières solubles, sucre, mélasse et sels, par le seul fait de l'emploi de la macération.

D'autre part, lorsque les jus sont séparés de la matière azotée par le tannage, on obtient des cristallisations plus franches, parce que les sirops, étant moins visqueux, ne s'opposent plus à la formation des cristaux.

La quantité de chaux nécessaire est réduite à 3,5 ou 4 millièmes, et même à un chiffre moindre, puisque la défécation a été faite par

le tannin et qu'il faut employer la chaux seulement pour séparer le faible excès de tannin introduit.

On n'en laisse pas dans les jus beaucoup plus d'un demi-millième, et l'on comprend qu'il ne soit pas nécessaire de dépenser beaucoup d'acide carbonique pour la faire disparaître. Le noir cesse d'être indispensable, puisque l'addition d'un peu de phosphate soluble transforme les alcalis en composés inoffensifs, et neutralise l'influence pernicieuse de ces bases. La suppression du noir entraîne une économie notable et abaisse considérablement le prix de revient. Nous avons constaté, en fabrique, qu'une dépense très-faible de noir, égale à 5 francs par sac de sucre en tout, pour la revivification, le noir neuf, etc., se trouvait compensée avantageusement par celle de 0,75 de phosphate acide de chaux. Cet abaissement de 4 fr. 25 dans le prix de revient est un véritable bénéfice net.

Enfin, les sucres ainsi obtenus ont été acceptés par la raffinerie, avec une nuance égale au nº 17 de la série des types, moyennant un écart en plus-value de 10 fr. par sac, à raison de l'élévation du titre saccharin et de la pauvreté en sels.

On peut compter cette plus-value comme égale à 8 fr. au moins pour ne rien exagérer, et l'on se trouve en présence des données suivantes :

1º Augmentation de rendement, 6,000 kil. de jus de plus par jour, à évaluer selon les circonstances. Ces 6,000 kil. ne coûtent que le prix de purification et de concentration.

2º Économie de 4 fr. 25 par sac due à la suppression du noir, soit, par jour, pour 70 sacs, 297 fr. 50, ou, pour 100 jours, 29,750 francs.

3º Plus-value commerciale du produit, sur 70 sacs, à 8 fr. au moins, soit 560 fr. par jour, ou 56,000 fr. pour 100 jours, ce qui représente la durée de la campagne.

Ainsi, par le seul fait d'une simple modification rationnelle de la marche suivie, le bénéfice réalisé serait de 85,750 fr. sans y comprendre la valeur de l'augmentation de rendement signalée.

NOTE O.

SUR L'EMPLOI DU SAVON EN SUCRERIE.

(Procédé Garcia.)

Notre intention avait été, relativement au procédé Garcia, complétement délaissé aujourd'hui par la sucrerie, de nous contenter d'en analyser sommairement les conditions matérielles, ce qui a été fait, d'ailleurs, dans un des paragraphes du chapitre III de ce présent volume. En raison, pourtant, de l'entente cordiale avec laquelle certains Allemands ont voulu nous attribuer la quasi-paternité de ce procédé, nous croyons nécessaire de repousser les insinuations germaniques par la *reproduction textuelle* de ce que nous avons exposé sur ce procédé dans notre première édition. Le lecteur pourra se convaincre de quelques faits auxquels nous attachons une certaine importance. Nous n'avons jamais été partisan du procédé Garcia; mais nous l'avons étudié consciencieusement, en laboratoire et en fabrique. Toutes les objections faites par les savants d'outre-Rhin contre l'emploi du savon avaient d'abord été formulées par nous, en sorte que l'habileté et la science tudesques ont consisté à nous *prendre* nos propres raisonnements et à les diriger contre nous-même, malgré toute évidence. La nation de proie ne peut mentir à ses instincts, même en matière de technologie. Nous avions été guidé par un sentiment d'humanité en étudiant le procédé Garcia, et ce sentiment ne nous a pas aveuglé, cependant, au point de méconnaître les objections fondées que l'on était en droit de faire contre les idées d'un inventeur digne d'intérêt.

Le lecteur jugera facilement la question en parcourant notre texte primitif.

« Nous décrivons avec quelques détails ce procédé que nous avons examiné un des premiers, mais que nous entendons faire suivre des *observations critiques nécessaires*.

« L'inventeur de cette méthode, après avoir lutté contre toutes les circonstances défavorables, possédé par *cette manie des chercheurs qui ne leur permet plus d'apprécier sainement ni leurs procédés, ni ceux d'autrui, croyait être arrivé à la perfection*... Il avait compté sans l'expérience des fabriques continentales, et se vit dans l'obligation de douter de ses travaux antérieurs. *Ses nouvelles recherches, empreintes d'une inquiétude fébrile, ne purent être couronnées de succès*, et, depuis, la mort est venue le surprendre au milieu de ses projets.

« Ce procédé a été l'objet d'une critique acerbe par un chimiste

allemand qui, dans l'ignorance des faits, a voulu y attacher notre nom. Nous déclinons cette responsabilité. Tout ce que nous avons fait à cet égard se borne à des communications à l'académie et à quelques sociétés scientifiques, et nous ne pensons pas que ce soit là une raison pour que notre titre d'intermédiaire soit transformé gratuitement en celui d'auteur responsable.

« *Nos objections ont été faites à l'auteur lui-même;* il les a repoussées, ainsi que toutes les observations bienveillantes qui ont pu lui être adressées par d'autres; nous ne ferons que les reproduire fidèlement.

« Voici à la fois l'histoire et la description de ce procédé qui a fait un certain bruit dans le monde savant et dans l'industrie, mais dont l'exploitation par des mains inhabiles n'a produit que des mécomptes, sauf, peut-être, dans une ou deux fabriques.

« Intimement pénétré du besoin d'une méthode plus correcte et plus économique que tout ce que l'on proposait au producteur de sucre pour améliorer sa position industrielle, et certain des désavantages pratiques de la plupart des procédés, M. F. Garcia, planteur à la Louisiane, et ancien président du sénat de cet État, s'était mis résolûment à l'œuvre pour découvrir un moyen d'annihiler la plus grande partie des obstacles qui militent contre une bonne défécation des jus sucrés.

« Essentiellement homme de pratique et habitué depuis trente ans à la manipulation des sucres, il se trouvait à la tête d'un établissement qui fabriquait jusqu'à vingt boucauts de sucre par jour[1]. A force de réflexions, et l'habitude journalière lui venant en aide, il crut découvrir enfin la solution du problème qu'il s'était proposé d'étudier et dont voici les termes :

« 1° Arriver à employer, sans inconvénient, un excès de chaux suffisant pour obtenir une défécation complète, absolue, sans être obligé d'augmenter les appareils, en ne se servant que des manipulations les plus simples.

« 2° Éliminer toute la chaux, après lui avoir fait produire tout son effet utile; mais la faire disparaître par la surface des liquides, afin de ne pas avoir à lutter contre les inconvénients des précipités, dont une partie reste en suspension jusque dans le *flambeau*.

« La question ainsi posée *devait être* résolue par l'emploi du savon de soude, comme agent décomposant le sucrate de chaux, et annihilant les réactions de l'alcali calcaire. Nous allons étudier en détail ce procédé si différent de tous ceux proposés par son extrême simplicité, jointe à l'exactitude théorique la plus satisfaisante *en apparence*.

« La pratique en grand apprit bientôt à l'inventeur que sa mé-

1. Environ 10,000 kilogrammes.

thode réalisait *une partie* des avantages qu'il avait désirés, et dont nous indiquons le sommaire.

« Grâce à la double défécation produite par la chaux en excès, d'abord, par le savon ensuite, il obtenait la séparation absolue des matières organiques étrangères au sucre, la destruction complète des causes de la fermentation et la conservation du sucre ordinairement détruit par ces causes, ou de l'alcool correspondant. Il pouvait utiliser les liquides extraits des plantes saccharifères, ou des parties de ces plantes trop pauvres en sucre, ou trop souillées de matières étrangères pour être traitées avantageusement par les procédés ordinaires. Enfin, il faisait radicalement disparaître les causes d'infection des liqueurs sucrées ou de leurs produits.

« Enchanté de sa précieuse découverte, il en traçait lui-même les conséquences en quelques lignes :

« *Sucre brut.* — Rendement augmenté. — Sucre brut bon goût. — Traitement sans noir animal. — Emploi des plantes riches, ou pauvres, ou altérées. — Cuites rendues faciles dans tous les cas.

« *Sucre raffiné.* — Rendement augmenté. — Économie du noir animal. — Cuites rendues plus faciles.

« *Alcool.* — Rendement augmenté. — Production d'alcool bon goût obtenu directement.

« Nous avons vu nous-même et nous avons eu entre les mains des échantillons de ces résultats, et il est impossible de se méprendre sur le mérite réel et incontestable de cette heureuse application à l'industrie sucrière des principes de la saponification.

« Disons tout d'abord que le principe sur lequel repose le procédé de M. Garcia est celui-ci :

« La chaux a une extrême tendance à s'unir aux acides gras, et le savon sodique cède ces acides à l'oxyde calcaire.

« M. Garcia avait compris que, de tous les moyens que l'on pouvait employer pour prévenir les mauvais effets de la chaux en excès, les meilleurs étaient ceux qui éliminaient ce corps à l'état de composé insoluble, entraînant les matières organiques étrangères au sucre. Il louait fort le procédé de M. Rousseau ; mais il lui reprochait avec raison la complication des appareils, la multiplicité des manœuvres et la séparation incomplète de la chaux par voie de précipitation.

« Le procédé Garcia élimine la chaux plus complétement, mais il la réunit en écumes en même temps que les matières organiques étrangères au sucre. La manœuvre est simple, et la liqueur sucrée déféquée est limpide et ne se trouble plus.

« On peut, par ce procédé, employer la chaux à toute dose, saturer complétement les acides, réagir sur les débris organiques, et éliminer ensuite cette chaux par un procédé aussi simple que la

défécation première, et en produisant une combinaison d'une densité telle, que le tout passe dans les écumes, en entraînant les corps organiques étrangers, à la façon des albumines.

« On conçoit que, *si ce fait s'accomplit*, les liqueurs sucrées ne contiennent plus de corps étrangers, si ce n'est des sels solubles à réactions diverses, provenant de la plante elle-même, et les *autres corps solubles que l'agent lui-même y aura pu laisser par l'effet de sa double décomposition.*

« La question que s'est posée l'auteur du procédé, et dont il croit avoir trouvé la réponse, s'énonce ainsi :

« Quel est le réactif, connu en chimie, qui forme, avec la chaux en dissolution ou en combinaison dans les liqueurs, un composé insoluble, inoffensif, rapidement formé, et d'une densité telle qu'il s'élève promptement et rapidement en écumes dans la défécation, et pouvant entraîner avec lui, dans ce mouvement ascensionnel, toutes les matières organiques étrangères au sucre?

« Ainsi posé, le problème *serait* résolu par l'emploi qu'il fait des corps saponifiables unis à la soude, et plus particulièrement des acides margarique, stéarique, oléique, qui ont une tendance à s'emparer énergiquement de la chaux, pour former un savon calcaire insoluble, d'une faible pesanteur spécifique, et tendant à surnager et à se réunir rapidement à la surface des liquides, par un mouvement d'ascension rapide et continu.

« En vertu des principes exposés précédemment, des liqueurs sucrées ainsi traitées *doivent* perdre leur goût propre et rester dépouillées de leur principe fermentescible. Le noir animal n'ayant plus charge de retenir la chaux et d'arrêter les matières organiques étrangères, et n'agissant plus que comme agent décolorant, devient inutile dans la fabrication des sucres bruts, et doit être employé en quantité réduite pour la production du sucre raffiné.

« Ainsi, d'une manière générale, la méthode de M. Garcia consiste à opérer la défécation à l'ordinaire avec un excès de chaux, et à traiter ensuite par une dissolution savonneuse : il s'opère une double décomposition, et le savon de chaux monte à la superficie, entraînant dans un réseau toutes les matières étrangères, ce qui réalise dans un sens un phénomène analogue à celui du collage des vins, à cette différence près, qu'ici la matière clarifiante agit de bas en haut et non de haut en bas, comme la gélatine.

« Ce procédé tend à réaliser ainsi une grande amélioration dans la fabrication du sucre brut, devenu pour tous un objet de première nécessité. Il permettrait de l'obtenir, ainsi que les sirops d'écoulement qui en proviennent, sans leurs mauvais goûts habituels.

« Les sucres bruts de betteraves, aujourd'hui rejetés comme substance alimentaire, pourraient, ainsi que leurs mélasses, être

consommés directement, comme les produits similaires de la canne, sans subir l'opération coûteuse du raffinage ou la transformation en alcool.

« En résumant les conséquences pratiques de ce procédé, on pourrait dire :

« Que la chaux peut être impunément employée en excès; que son élimination, après sa réaction, est complète par l'emploi des corps saponifiables agissant seuls ou combinés;

« Que les écumes formées, en grande partie, de savon calcaire insoluble, montent rapidement et régulièrement, en entraînant toutes les matières organiques étrangères au sucre, et en éliminant ainsi les causes de la fermentation acide ou lactique des liqueurs et d'infection des produits, *sucre* ou *alcool;*

« Que les liqueurs ainsi déféquées sont limpides et ne se troublent ni ne s'altèrent à la concentration;

« Que le sucre, ordinairement détruit par suite de fermentation, vient accroître le rendement en sucre ou en alcool obtenu;

« Que le sucre brut et ses produits secondaires, ou l'alcool non rectifié, doivent être de bon goût.

« Indépendamment de ces conséquences, il en est une qui intéresse plus particulièrement les producteurs de sucre de canne.

« Par suite d'un défaut de maturité total ou partiel, ou d'accidents climatériques qui développent dans la canne une fermentation acide, l'extraction du sucre devient difficile, sinon impraticable, par les procédés habituels. Il faudrait employer une dose de chaux qu'elle ne comporte pas. Cet obstacle disparaît par l'emploi du procédé Garcia, qui, d'un côté, traite par la chaux en excès, et l'élimine presque en même temps de l'autre, rendant ainsi à la production des matières sans emploi.

« Un effet analogue se produit aussi à propos des betteraves trop vertes ou avariées.

« Pour la raffinerie, les matières dissoutes sont portées à 28° Baumé, et soumises à la double défécation du procédé Garcia. Les avantages qui en résultent sont plus bas signalés.

« Dans le traitement des matières sucrées, pour les transformer en alcool, l'emploi préliminaire de la défécation amène, comme conséquence, un rendement plus considérable, un produit meilleur. Les raisons de ces résultats ont déjà été indiquées.

« *Agent de clarification.* — Sa définition, extraite du brevet Garcia, est comme suit :

« L'agent que j'emploie est un quelconque des corps classés en chimie comme saponifiables par les alcalis fixes ou volatils.

« Je l'emploie sous la forme la plus convenable pour la manipulation, soit à l'*état isolé*, soit mélangé ou combiné à un alcali quelconque, à l'état de savon, avec ou sans combinaison, ou mé-

langé d'un corps saponifiable additionnel, produisant alors un *savon acide*, ou d'un corps ou sel quelconque, à réaction alcaline, produisant, au contraire, une combinaison douée de cette dernière réaction.

« Bien que je me réserve, au besoin, d'employer tous les corps saponifiables, ma pratique m'a fait, jusqu'ici, donner, parmi ceux-ci, la préférence à l'huile d'olive, et parmi les alcalis, à la soude. Ces matières étant données de bonne qualité, je prépare le savon à la manière ordinaire, que je me dispense de décrire, comme bien connue, en employant la quantité d'alcali nécessaire pour que la saponification du corps gras soit complète.

« Je désigne ce savon sous le non de SAVON n° 1 ou *neutre*. Il contient un poids de soude égal à environ 10 pour 100 du corps gras combiné.

« J'obtiens de la façon suivante un autre savon que j'appelle SAVON n° 2 ou *acide*.

« Je dissous 1 kilogramme du savon n° 1 dans 2 kilogrammes d'eau bouillante. Je refroidis la dissolution à 40 degrés centigrades; j'ajoute alors 1 kilogramme du corps gras employé également à la température de 40°, et je procède avec soin à l'empâtage.

« Quand il est terminé, j'élève la température à l'ébullition, en remplaçant l'eau qui s'évapore jusqu'à ce que l'opération soit complète. La proportion indiquée du corps gras ajouté n'est pas absolue et peut varier.

« Ce savon contient alors 3,75 d'alcali pour 100 parties en poids du corps gras, qu'il renferme, mélangé ou combiné.

« Enfin, je désigne par SAVON n° 3 ou *alcalin*, le savon n° 1 dissous comme il est dit ci-dessus, et dont je charge la dissolution d'une quantité variable de *carbonate de soude*, ou de tout autre corps ou sel à réaction alcaline.

« Dans tous les cas, mon but est de mettre le corps gras sous une forme qui rende sa réaction plus énergique, et sa solution dans un liquide plus facile, en évitant l'inconvénient qui résulterait de sa faible densité pour l'emploi direct.

« Je fais usage des savons n°s 1, 2 ou 3, suivant les cas particuliers que je résume par trois conditions générales, et en raison des exigences spéciales de la pratique manufacturière dans les cas de fabrications diverses.

« Le savon n° 1 ou *neutre* me sert lorsque, pour la suite des opérations, je n'ai pas à redouter la présence d'un alcali dans les liqueurs, comme, par exemple, lorsqu'il s'agit de transformer en alcool la liqueur sucrée[1].

« 1. Complétons ici ce qui manque à l'expression, plutôt qu'à la pensée de M. Garcia : « La présence d'un excès d'alcali *est nuisible* dans les jus sucrés destinés à subir la fermentation alcoolique, et l'on attribue à ces corps, aussi bien qu'à l'altération du

J'emploie le savon nº 2 ou *acide* lorsque, au contraire, je dois redouter l'effet d'une réaction alcaline pour la suite des opérations.

« Ce cas existe, par exemple, lorsqu'une liqueur sucrée est traitée pour obtenir le sucre qu'elle renferme.

« Enfin, l'usage du savon nº 3 ou *alcalin* est réservé pour les cas particuliers où les liqueurs à traiter présentent des caractères d'acidité qu'il faut rapidement combattre.

« Je fais usage d'ammoniaque dans le cas où la liqueur sucrée doit prendre rapidement ce caractère alcalin. Cette condition est importante pour la raffinerie[1].

« C'est donc sur l'emploi des acides gras, quelle que soit la forme ou la combinaison sous laquelle on s'en sert, que repose principalement le procédé dont s'agit.

« Le savon d'huile d'olive à base de soude est celui que l'auteur du procédé a toujours employé de préférence à l'état de savon nº 2 ou *acide*.

« L'expérience démontre que, pour le traitement en sucre, l'usage du savon nº 2 est préférable à celui du savon nº 1. La quantité moindre d'alcali (soude) mise en liberté, par double décomposition, dans les liqueurs traitées par le premier, permet d'obtenir des sucres et des sirops d'une qualité et d'une nuance beaucoup meilleures que lorsque la liqueur est traitée par le second. Le savon nº 1 contient, en effet, 60 de matières saponifiables et 6 de soude sur 100 parties de savon, c'est-à-dire 10 de soude sur 100 du corps gras; tandis que le savon nº 2 renferme 160 de matières saponifiables contre 6, c'est-à-dire 3 3/4 de soude pour 100 du corps gras. Ce second savon convient donc lorsqu'il est utile de diminuer la dose d'alcali à ajouter aux liqueurs, et spécialement pour le raffinage du sucre, qui s'accomplit dans des circonstances où cette réaction doit être, autant que possible, évitée. La théorie indique qu'en ce sens, le savon nº 2 à base d'ammoniaque, ou le savon nº 3 ammoniacal, est préférable à tout autre, quand le prix des matières permettra leur emploi.

« Si l'on se sert du savon de soude, l'alcali mis en liberté se com-

ferment, la dégénérescence visqueuse et la dégénérescence lactique. Mais *ici*, la soude ne se trouve que dans une *proportion excitante*, ainsi que l'on peut s'en convaincre par l'aperçu suivant.

« 1,000 litres de jus tiennent 100 kilogrammes de matière sucrée au moins, et ces 1,000 litres, traités par 5 kilogrammes de savon, ne reçoivent que 187gr,5 ou le double tout au plus, soit 360 grammes de soude, qui restent dans le liquide.

« Cette proportion ne produit que 0,36, en calculant sur le poids du sucre, lorsque la liqueur *fermentescible* peut en supporter, *sans inconvénient*, plus de six fois autant, ou 2,5 pour 100 de sucre.

« Ajoutons encore que toutes les matières grasses sont *à peu près* éliminées dans la plupart des cas. »

« 1. Il est préférable d'employer le *carbonate d'ammoniaque*, que l'on ajoute dans l'empâtage savonneux. »

bine rapidement, soit avec les acides des sels à base de chaux dans la liqueur, soit avec l'acide carbonique du liquide; mais, pour diminuer l'action possible de cet alcali, on peut encore le saturer avec précaution par un acide fort comme l'acide sulfurique étendu[1]. Les sels formés restent alors sans inconvénient en dissolution et se retrouvent dans les eaux mères.

« D'une façon générale, on peut dire que la coloration des sucres, due à celle que subissent les sirops à la concentration, est proportionnelle à la quantité d'alcali dans ces derniers. On comprend dès lors l'avantage qui résulte de l'emploi du savon n° 2, et de toute combinaison de ce genre contenant le *maximum possible du corps saponifiable* combiné ou mélangé, et disposé de façon à pouvoir être mêlé et réparti dans la masse du liquide sucré, sans surnager. Il résulte de là que les proportions du corps saponifiable indiquées dans le brevet de M. Garcia, pour la composition du savon n° 2, ne sont point rigoureuses, et que la dose du corps saponifiable, ajoutée au savon n° 1, peut varier et comprendre tout ce qu'il est possible d'empâter avec ce dernier.

» Il n'y a pas, industriellement, au point de vue économique, d'inconvénient dans cette addition des matières saponifiables; elles se retrouvent, en effet, dans les résidus, et peuvent facilement, par des procédés connus et peu coûteux, être isolées pour être employées de nouveau.

« On *peut*, en conséquence, ou procéder soi-même à cette opération secondaire, et produire le savon dont on fait sage, ou retrouver en grande partie le prix du corps saponifiable employé, en vendant les écumes ou résidus à des tiers qui fabriquent des savons pour l'usage des producteurs de sucre.

« *Dosage du savon.* — Nous avons dit que le procédé Garcia repose, d'une façon générale, sur l'accomplissement d'une double défécation : 1° par la chaux en excès; 2° par le corps saponifiable combiné à l'état de savon ou mélangé. Il est possible de préciser le rapport à établir entre les quantités des deux corps à employer, mais ce doit être l'objet d'une étude dans chaque cas particulier. Ce rapport variera suivant qu'on voudra obtenir du sucre ou de l'alcool, et en raison aussi du corps saponifiable que le savon renfermera. On peut cependant prendre les observations suivantes pour point de départ des tâtonnements nécessaires pour déterminer ce rapport dans chaque cas particulier : 1° S'il s'agit de traiter les matières sucrées *pour sucre*, UNE partie du savon n° 2 en poids pour DEUX parties de chaux employée à la défécation; 2° s'il s'agit de traiter les liquides sucrés pour alcool, UNE partie de savon n° 1 ou n° 3, suivant le cas, pour UNE partie de chaux employée à la dé-

« 1. Ceci doit se rapporter à la défécation des jus alcoolisables; cet acide nuirait dans la fabrication sucrière. En tout cas, il ne doit pas dépasser 0,015 du sucre. »

fécation préliminaire. Toutefois, la quantité de savon à ajouter ne sera, dans aucun cas, moindre de 4 kilogrammes pour 1,000 litres de jus.

« Quant à la quantité absolue de chaux à ajouter aux liqueurs, elle est impossible à préciser d'une façon générale; elle varie nécessairement, suivant l'espèce, le degré de maturité ou de conservation de la plante saccharifère, la nature du sol où elle a poussé, et suivant même les idées particulières à chaque fabricant en cette matière. Tout ce qu'on peut dire, c'est que, la chaux n'étant point à craindre dans ses effets, en présence de l'agent qui l'élimine, elle peut être hardiment employée en excès.

« Le savon, quel qu'il soit, qu'on emploie, est préférablement dissous dans 8 parties d'eau bouillante en poids, et on l'ajoute à une température qui ne doit pas être inférieure à 50 degrés centigrades , mais qui peut s'élever jusqu'à celle de l'eau bouillante.

« Il est bien entendu que, dans le dosage du savon, on ne tient compte d'aucune partie de l'eau ajoutée pour faciliter les mélanges ou la dissolution, et qu'on ne calcule que sur le poids réel du savon employé.

« *Conditions essentielles du succès dans l'emploi du procédé Garcia.* — Dans ce mode de défécation ou clarification, le savon ajouté à la liqueur est bien réparti et mêlé intimement à toute la masse, après que l'action de la chaux est complète. L'acide gras saisit immédiatement son équivalent d'alcali calcaire pendant que l'agitation de la liqueur est produite. Lorsque ensuite le repos lui succède, le savon calcaire s'élève, pour ainsi dire, tout à la fois et sans interruption, et entraîne, dans ce mouvement continu, toutes les matières organiques étrangères au sucre, qui se retrouvent encore en quantité notable dans les liqueurs les mieux déféquées à la chaux. Des analyses d'écumes provenant de défécations conduites d'après le procédé Garcia, et exécutées sur des liqueurs limpides provenant d'une simple défécation à la chaux, ont décelé la présence de plus de 15 pour 100 en poids de parenchyme, etc., dans les écumes analysées.

« Ce qui précède fait comprendre qu'une des conditions essentielles pour que la défécation soit complète est le repos des liqueurs après que le savon est ajouté, repos troublé seulement par les courants ascendants qui se produisent dans tout liquide échauffé. Il résulte de cette condition la nécessité, quand une fois le mélange du savon est intime, de ne jamais permettre à des secousses violentes de se produire, et particulièrement de ne pas laisser l'ébullition se manifester, soit avant que les écumes soient montées, de peur d'empêcher leur mouvement, soit après, de peur de les briser.

« Cette condition du repos nécessaire des liqueurs pendant un certain laps de temps suffisant pour permettre au montage des écumes de s'effectuer régulièrement et librement, oblige, comme condition particulière de la bonne réussite du procédé Garcia, à refroidir les liqueurs après leur traitement par la chaux. En agissant autrement, le nombre de degrés à franchir pendant que la réaction se produit et s'achève serait trop restreint pour que l'opération pût bien s'accomplir. L'expérience a démontré que, dans les appareils chauffés à la vapeur, le temps qui s'écoule pour que la température de la liqueur s'élève de 40 degrés centigrades, au point de l'ébullition, est nécessaire et suffisant pour la réussite de l'opération.

« La condition importante à remplir dans l'emploi de ce procédé consiste donc à refroidir à 40 degrés centigrades le jus préalablement déféqué à la chaux et tiré au clair.

« En résumé, plus le refroidissement est complet, au-dessous de 40°, plus le résultat est frappant par la beauté des produits et la facilité de la cuite.

« On peut produire le refroidissement du jus préparé de deux façons distinctes.

« Le fabricant qui veut marcher d'une manière continue en faisant succéder, sans interruption, l'emploi du savon à l'emploi de la chaux, doit ajouter à son outillage de fabrique un appareil à refroidir qui variera dans ses principes et dans sa forme, suivant les circonstances locales et le volume d'eau dont on dispose. Il fera usage d'un de ceux employés en industrie, soit réfrigérant à eau, soit réfrigérant à air froid, que celui-ci soit lancé, très-divisé, en tout sens, à travers la masse du liquide, ou que le liquide lui-même tombe en pluie ou en cascade à la rencontre d'un courant d'air forcé, marchant en sens inverse.

« Si, au contraire, le producteur de sucre brut ou le raffineur préfère accomplir les deux opérations qui constituent la défécation complète (procédé Garcia) à des temps séparés, pendant l'époque de la fabrication, il pourra se passer d'appareils à refroidir, et se contenter de réservoirs où il accumulera le sirop traité à la chaux et concentré à 18° ou 28° Baumé, suivant le cas. Ces sirops seront repris plus tard, en les réchauffant, pour être soumis à l'action du savon.

« Dans les deux cas, on le répète, il s'agit de réaliser une condition indispensable à remplir, c'est-à-dire de donner le temps au savon calcaire formé de s'élever régulièrement et librement à la surface du liquide, en évitant les sombresauts et les causes d'interruption.

« *Applications*. — Les procédés de défécation ou de clarification, suivant cette méthode, varient quant aux détails des opérations à

exécuter dans la pratique, suivant qu'on opère sur des liquides extraits de plantes saccharifères, et en raison de la nature et de la condition de ces plantes, et suivant encore qu'on opère sur des dissolutions de matières sucrées. Il y a donc lieu d'examiner les applications du procédé dont nous parlons :

« 1° Dans la fabrication du sucre de betterave;

« 2° Dans celle du sucre de canne;

« 3° Dans le raffinage du sucre, ou la préparation des sirops à usage qu'on peut assimiler aux produits d'un raffinage non terminé.

« L'application de ces procédés varie encore, suivant qu'on fait usage d'appareils à feu nu ou d'appareils à vapeur. Les détails qui vont suivre comprennent le traitement du sucre de canne à propos des premiers, et celui du sucre de betterave à propos des seconds. Le producteur de sucre de betterave à feu nu, et celui de sucre de canne au moyen d'appareils à vapeur, trouveront des détails suffisants pour se guider, en tenant compte de la différence de nature des liquides traités. Il en est de même pour le producteur de sucre extrait de toute autre plante saccharifère.

« A. *Traitement des jus de canne. — Appareil à feu nu.* — L'appareil le plus généralement employé dans les contrées où s'exploite la canne consiste dans une série de chaudières de diamètres différents, se faisant suite, que nous décrirons dans le prochain volume sous le nom d'*équipage*. Nous verrons qu'un équipage est formé de cinq chaudières de capacité décroissante, et qui sont, à partir du point le plus éloigné du foyer, *la grande* (n° 5), *la propre* (n° 4), *le flambeau* (n° 3), *le sirop* (n° 2) et *la batterie* (n° 1). La marche d'un équipage est tellement élémentaire qu'il n'est pas besoin de s'appesantir sur l'avantage qui résulte du procédé que nous décrivons, lorsque l'on se sert de cet appareil.

« Dès que la chaudière n° 5 à déféquer (*grande*) est fournie de vin de canne, on ajoute la chaux nécessaire à la défécation, en quantité quatre ou cinq fois plus considérable qu'à l'ordinaire, et plus encore s'il le faut. On agite vivement pour répartir la chaux uniformément dans la masse du liquide et on laisse en repos. L'effet utile de la chaux est produit quand la température a atteint 40 degrés centigrades environ. On verse alors la dissolution de savon, préparée et dosée comme à l'ordinaire, et l'on brasse de nouveau pour répartir également cet agent. Vers 92 degrés centigrades, on commence à enlever les écumes, et l'on continue à le faire avec célérité, pour que tout soit terminé quand l'ébullition commence. Si l'opération est bien conduite, le jus, puisé à la poche et porté dans la chaudière suivante, est clair, limpide, d'un goût agréable, sans saveur alcaline, et ne se trouble plus. La défécation est complète dans la troisième chaudière, et les autres constituent alors

uniquement un appareil de concentration et de cuite. La cuite elle-même s'opère librement, et les sirops d'écoulement, moins abondants, peuvent être repris de nouveau.

« On voit que, dans le cas des appareils à feu nu, le procédé Garcia produirait une transformation radicale des méthodes usuelles; mais, bien que l'opération marche facilement, il est hors de doute qu'il serait préférable de conserver l'équipage entier pour la concentration des liqueurs et de se servir de défécateurs à vapeur, à proximité de l'équipage et des bacs recevant le jus de la canne écrasée au moulin.

« On peut encore, pour le jus de canne, comme pour celui de betterave, partager l'opération en deux périodes distinctes, pour achever définitivement la clarification sur le jus concentré à 18° Baumé et après décantation.

« Il faut alors traiter le jus par la chaux en excès, et conduire l'opération comme à l'ordinaire, mais avec un tiers du savon employé précédemment. Ce jus déféqué est évaporé dans l'équipage, en passant successivement d'une chaudière dans une autre, jusqu'à ce qu'il arrive dans la batterie, d'où on le retire lorsqu'il a atteint la densité de 18° Baumé, pour le réunir dans des réservoirs. Les deux autres tiers du savon mis en réserve servent à traiter ces sirops à 18° Baumé, repris dans les réservoirs après décantation, en mélangeant intimement le savon dissous dans le sirop à 40 degrés centigrades, laissant monter les écumes, les enlevant avec soin; mais alors, l'emploi de défécateurs à vapeur devient nécessaire pour opérer la seconde défécation au savon, et des appareils à vapeur deviennent indispensables aussi pour opérer la concentration et la cuite du jus après la deuxième défécation.

« Il arrive parfois que, par suite de variations atmosphériques, surtout après que les cannes ont été gelées, le jus est exposé à une rapide fermentation acide qui le rend absolument impropre à produire du sucre cristallisable. Pour prévenir ces effets désastreux, causes de pertes sèches pour le producteur, il suffit d'ajouter, avec un excédant de 50 pour 100, la chaux qui doit servir à la défécation, dans les bacs où le jus de canne est reçu en sortant du moulin. On agite à plusieurs reprises le liquide, afin de bien le saturer de la chaux employée, et on le laisse en repos, pour l'envoyer dans la chaudière à déféquer (*grande*), quand les matières étrangères se sont déposées au fond des bacs.

« Les sirops d'écoulement (mélasses), provenant du jus de canne soumis au procédé Garcia, sont exempts de chaux, et renferment peu de sucre incristallisable et de matières étrangères. On peut, en conséquence, les reprendre pour en extraire le sucre qu'ils contiennent.

« *Ces sirops d'écoulement, dont le poids varie ordinairement de 50 à 75 pour 100 de celui du sucre brut obtenu, se trouvent réduits à en-*

viron 20 *ou* 30 *pour* 100, par l'emploi du procédé que nous venons de décrire; la différence se traduit par un plus grand rendement en sucre.

« On comprend que cet excédant, joint au sucre qu'on peut encore extraire des sirops d'écoulement, amène une augmentation considérable dans les produits (sucre).

« Les considérations qui précèdent font aussi comprendre qu'une grande amélioration de qualité résulte de l'emploi du procédé Garcia, examiné concurremment avec les procédés ordinaires, et sans qu'il soit question de noir animal, dont les producteurs de sucre brut de canne, sauf quelques exceptions, ne font point usage.

« Il est aisé de voir enfin que les cuites marchent sans encombre, que le sucre, débarrassé de toute cause de fermentation ou de déliquescence, est sec et nerveux, cristallise facilement, et qu'il doit être rapidement purgé de ses eaux mères de cristallisation (sirops d'écoulement ou mélasses).

« B. *Traitement du jus de betterave. — Appareils à vapeur.* — Dans un défécateur contenant 1,000 litres de jus, on ajoute toute la chaux nécessaire à une défécation bien complète, et sans craindre de l'employer en excès, en opérant du reste comme à l'ordinaire. Ainsi, l'on agite vivement pour répartir la chaux également dans la liqueur; on engage la vapeur dans l'appareil et on laisse la température s'élever jusqu'au premier signe d'ébullition: la vapeur est alors interceptée, on laisse reposer le liquide, puis on tire au clair par le robinet de décharge. Les écumes sont soumises à la presse, et la liqueur extraite est ajoutée à celle de la défécation suivante.

« La liqueur ainsi traitée à la chaux et tirée au clair est refroidie, soit pour être passée tout de suite au savon, soit pour être mise en réserve après concentration à 18° Baumé, ainsi qu'il est dit plus haut.

« Si la liqueur doit être soumise tout de suite à l'action du savon, elle est reçue dans un réfrigérant qui abaisse rapidement sa température à 40 degrés centigrades au moins. Ainsi préparée, elle est aussitôt portée dans un défécateur où a lieu l'addition du savon n° 2, employé à l'état de dissolution dans l'eau bouillante, comme il est dit ci-dessus. On agite vivement pendant quelques minutes, de manière à répartir cet agent uniformément dans la masse du liquide, pendant que la vapeur engagée élève lentement sa température. On laisse au repos; on prévient l'ébullition en interceptant la vapeur au premier signe de bouillonnement, mais partiellement, afin de maintenir, pendant quelques minutes, la température élevée qui s'est produite. Les courants ascendants établis dans le liquide déterminent à sa surface l'ascension rapide et uniforme du savon calcaire formé qui tend par lui-même à spo-

nager, et qui se concentre dans les écumes en entraînant avec lui toutes les matières organiques étrangères à la liqueur sucrée.

« Quand les écumes sont bien formées, fait que l'expérience apprend à connaître, on les enlève; on ouvre le robinet de décharge, et le liquide s'écoule, clair et limpide, jusqu'à la dernière goutte, et sans se troubler de nouveau pendant la concentration.

« Si la liqueur déféquée à la chaux est tirée à clair sans être refroidie, et qu'elle soit mise en réserve après concentration à 18° Baumé, l'opération est autrement conduite.

« Le sirop à 18° Baumé laisse déposer dans les réservoirs, par le refroidissement et le repos, une certaine quantité de chaux séparée par la concentration, qui entraîne avec elle, à l'état de magma, des matières étrangères au sucre. Ce sirop décanté est reporté dans une chaudière à déféquer où il subit l'action du savon, en conduisant l'opération exactement comme il est dit ci-dessus à propos du jus de betterave soumis à l'action d'un réfrigérant. On peut alors compter sur un temps plus considérable avant que l'ébullition se manifeste, et cela en raison de la densité plus élevée des liqueurs traitées. Le dosage du savon lui-même est réglé en raison de la chaux qui s'est séparée pendant la concentration et qui s'est déposée dans les réservoirs. Cette différence est déterminée dans chaque cas particulier.

« Si les liqueurs refroidies ont été passées au savon, sans être préalablement concentrées, les produits de la défécation sont d'une limpidité parfaite, ne contenant plus ni chaux ni matières organiques étrangères au sucre, et ne pouvant plus subir en conséquence de trouble à la concentration. Il n'y a dès lors plus nécessité de les soumettre à l'action du noir animal pour obtenir des sucres et des sirops d'écoulement (mélasses), supérieurs en goût et en qualité à ceux qu'on prépare aujourd'hui par les procédés ordinaires. La concentration et la cuite, rendues plus faciles, marchent librement, et tous ces avantages réunis, qui constituent le mérite du procédé Garcia, se traduisent par amélioration de qualité, rendement plus considérable, filtration et main-d'œuvre évitées, économie de combustible, emploi du noir en poudre ou par filtration supprimé. Nous parlons, bien entendu, du sucre brut; mais si cependant on tient à faire usage du filtre à noir en grains, la quantité de cet article consommé est considérablement réduite, attendu que le noir animal se borne à exercer sa faculté décolorante, sans qu'il ait besoin de réagir pour éliminer la chaux ou les matières étrangères. On ne saurait douter que, par son emploi, la nuance des produits ne soit meilleure; il reste seulement alors à apprécier si l'avantage compense la dépense.

« Si les liqueurs traitées par le savon ont été préalablement déféquées à la chaux et concentrées à 18° Baumé, le sirop ainsi traité

est d'une limpidité parfaite, ne se troublant plus et est porté rapidement à la cuite, avec ou sans emploi du noir animal, suivant qu'on juge convenable ou non d'obtenir une nuance meilleure au prix de l'emploi de cet agent.

« Dans tous les cas, le sucre obtenu est d'une bonne couleur et d'une qualité supérieure. Il est sec et nerveux, et débarrassé de tous les obstacles qui s'opposent à une bonne cristallisation.

« Les eaux mères n° 1 et n° 2, sirops verts ou sirops couverts, sirops d'écoulement ou mélasses, donneront aussi des produits préférables à ceux qui sont ordinairement obtenus de ces matières. Ces produits seront pourtant de qualité secondaire.

« *Extraction du sucre brut de plantes ou de parties de plantes saccharifères impropres à être traitées par les méthodes ordinaires.* — Il est des pays où on laisse perdre, sur les lieux de récolte, une partie des produits d'un champ de cannes à sucre, s'élevant par fois jusqu'au tiers de la totalité. Sur toute habitatation, la proportion ainsi abandonnée est toujours considérable.

« Ces cannes ou portions de cannes ainsi délaissées actuellement se composent de celles qui n'ont point atteint une maturité suffisante, de celles qui entrent en végétation tardive par suite de pluies, ou qui, jetées bas par le vent, végètent au contact du sol, et enfin des *têtes* de cannes.

On appelle ainsi la partie trop verte qui constitue quelquefois le tiers de la longueur de la canne.

« Ces cannes ou portions de cannes, qui ont toujours une richesse saccharine d'au moins 5° Baumé, sont abandonnées parce que les procédés ordinaires, limités dans l'emploi de la chaux, ne peuvent avoir raison des abondantes matières organiques étrangères au sucre, et des acides libres qu'elles renferment.

« Dans certains pays, des gelées et des dégels successifs rendent la tige elle-même, ou le jus qu'on en extrait, impossible à traiter, pour les mêmes motifs, par les procédés ordinaires, et par suite de la puissante et énergique réaction acide qui s'y développe.

« Autant de causes de perte pour le producteur, perte qu'on peut éviter dès qu'on ne craint plus d'administrer la chaux à forte dose. C'est dans ce sens surtout que le procédé Garcia présente des caractères d'utilité incontestables. Enfin, la même observation s'applique aux betteraves gelées, ou avariées, qui causent des pertes très-considérables, quoique d'une importance moindre que celle qu'éprouvent les producteurs de sucre de canne pour les causes analogues.

« *Sucre raffiné.* — Bien que nous anticipions ici sur les notions relatives au raffinage, nous croyons devoir compléter la description du procédé Garcia, *en continuant à reproduire les prétentions de l'auteur à cet égard.*

« Le raffinage du sucre brut est une opération compliquée de détails qui se multiplient en raison des matières sur lesquelles on opère; ces détails, qui se traduisent par des faits, consistent à former avec le sucre brut une dissolution à une densité donnée, à dépouiller la liqueur des impuretés et des corps étrangers mêlés ou combinés, à décolorer les matières, à porter à la cuite et à isoler le sucre cristallisable, en entraînant dans les eaux mères le sucre incristallisable et les sels solubles étrangers.

« Le moyen de raffinage le meilleur est nécessairement celui qui affranchit, le plus complétement et le plus rapidement possible, les liqueurs sucrées des matières étrangères; celui qui, loin d'introduire une cause de coloration, tend à éliminer celles qui existent, permet ainsi d'augmenter l'effet utile du noir animal, en limitant son action à celle d'agent décolorant, et permet à la concentration des sirops de marcher librement jusqu'à la cuite.

« Il est évident que plus les liqueurs sont promptement débarrassées des matières étrangères, organiques on non, qui réagissent sur le sucre, plus grand doit être le rendement de ce dernier, et meilleure la qualité après le raffinage. Il est pareillement évident que, plus rapidement marche la concentration, plus grande est la quantité de sucre obtenu, soustrait qu'est celui-ci à cette loi de la transformation qu'il subit par le seul fait de son contact avec l'eau pure en ébullition. Il est évident, enfin, que, mieux sont remplies ces conditions, plus facilement se fait le départ du sucre cristallisable, et moindre est la quantité qu'entraînent les eaux mères ou sirops d'écoulement.

« Les sucres aujourd'hui traités en France par les raffineurs sont : le sucre indigène ou de betterave et le sucre de canne ou exotique.

« Le sucre indigène retient un excès de chaux que la nature des jus de betteraves a contraint d'employer dans leur traitement. Entre autres agents en usage pour s'en débarrasser, le noir animal en grain ou en poudre tient un rang important, mais constitue un des principaux articles de dépense de l'opération tout entière. Un agent qui peut éliminer, dès le principe, la chaux et les matières étrangères, est un instrument d'économie dans l'emploi du noir animal.

« Le sucre exotique, traité par la chaux en quantité trop faible en général, est remarquable, au contraire par le caractère d'acidité qu'il manifeste et qui s'est encore développé pendant le séjour prolongé du sucre dans la cale des navires. Cette condition est cause du déchet considérable auquel le raffineur cherche à porter remède. Pour arriver à ce résultat, on est obligé de faire usage de quantités importantes de chaux, qui réagissent sur le sucre, le détruisent ou se combinent avec lui, et causent des déchets excessifs, malgré tous les moyens employés ensuite pour en atténuer la por-

tée. Le raffineur, forcé d'avoir recours à des doses de chaux en excès, est contraint de s'adresser à des réactifs coûteux pour éliminer cette portion de l'alcali qui échappe à l'action des autres moyens employés. Le procédé Garcia a pour objet de dispenser de l'ensemble des opérations pratiquées pour éliminer la chaux, en substituant, d'une façon générale, aux agents employés, un réactif peu coûteux, d'un effet certain, qui se retrouve toujours dans les résidus, et peut être ainsi employé presque indéfiment, et qui débarrasse complétement les sirops de la chaux et des matières organiques étrangères.

« Cette réaction est toujours fondée sur l'action qu'exercent les corps saponifiables sur la chaux. Le savon employé est, suivant le cas, le savon n° 2 ou le savon n° 3, préparé d'une manière spéciale pour le raffinage.

« S'il s'agit de traiter des sucres indigènes, à grand excès de chaux, on fait usage du savon n° 2 préparé en empâtant, avec le savon n° 1, non plus une partie en poids du corps saponifiable, mais bien deux parties ou mieux encore toute la quantité qu'il en peut absorber. De cette façon on diminue, autant que faire se peut, la quantité de soude mise plus tard en liberté dans la liqueur, et réagissant alors sur le sucre.

« Le savon n° 1 renferme 60 parties de matière grasse et 6 de soude; le savon n° 2, 160 parties de matière grasse et 6 de soude; le savon n° 2, avec addition *d'une nouvelle partie du corps gras*, 260 parties du corps gras et 6 de soude. Les rapports entre la soude et le corps gras sont donc : 10 pour 100 pour le premier, 3,75 pour 100 pour le second, et environ 2,31 pour 100 pour le troisième,

« Le savon ainsi préparé convient également pour traiter les sucres exotiques préalablement passés à la chaux; mais il est certains d'entre eux qui renferment des acides en liberté tellement tenaces dans leurs réactions, qu'ils résistent à l'action de cet alcali. Le savon n° 2, additionné de corps gras, est alors modifié et transformé en savon n° 3, par une addition convenable, faite à froid, d'ammoniaque liquide ou de carbonate d'ammoniaque. Préparé avec cet alcali, le savon s'empare immédiatement des acides libres; la portion du corps gras correspondante s'empare de la chaux d'abord ajoutée à la liqueur, et la soude, mise en liberté de son côté, agit sur le sel ammoniacal formé, et isole l'ammoniaque qui se dégage à mesure que la température s'élève.

« En conduisant l'opération de la sorte, et avec des doses convenables, les acides libres sont saturés, la chaux est éliminée, et il ne reste plus, pour ainsi dire, à aucun moment, d'alcali en liberté dans les sirops. On comprend du reste que la pratique enseignera à préciser les détails d'une opération que la description ne peut mieux déterminer.

« Quel que soit le savon dont on fait usage, on procède de la façon suivante à son emploi.

« Si les matières traitées renferment un excès de chaux, et sont dissoutes de manière à obtenir une liqueur à 28° Baumé environ. cette dissolution est chauffée à environ 40 degrés centigrades dans la chaudière à clarifier. Le savon dissous comme à l'ordinaire, et dont les proportions doivent être déterminées suivant chaque cas particulier, est alors uniformément réparti dans la masse du liquide, à l'aide d'une agitation convenable et prolongée, quelque temps après l'admission de la vapeur. Au premier signe de bouillonnement, celle-ci est partiellement interceptée, de façon à maintenir le liquide sous l'influence d'une haute température, sans permettre à l'ébullition de s'établir. Ce repos amène à la surface le savon calcaire, qui entraîne avec lui toutes les matières étrangères au sucre. Ce fait a été plus haut l'objet d'explications suffisantes pour dispenser d'en parler de nouveau.

« Le sirop tiré à clair est d'une limpidité parfaite. Le noir en grains au travers duquel on le filtre n'a plus à éliminer la chaux ni les matières étrangères; il agit, en conséquence, avec une remarquable énergie, comme agent décolorant, et son action s'étend sur une quantité de sirop plus considérable, ce qui revient à dire qu'on réalise ainsi une notable économie relative dans son emploi. Les sirops, conservant leur limpidité, rendent inutiles les filtres à poches ou autre, et, si l'on se borne à filtrer une seule fois le sirop concentré à 30° Baumé et traité par le noir en poudre et le sang de bœuf, on obtient une liqueur limpide, bien décolorée, d'une pureté remarquable, ne se troublant plus, d'une concentration et d'une cuite faciles, cristallisant et purgeant aisément. Les seconds produits, à leur tour, participent à ces avantages.

« Si les matières traitées ont, au contraire, un caractère d'acidité développée, on les traite, soit directement par le savon n° 3 ammoniacal, soit d'abord par la chaux, à la façon ordinaire, et ensuite, comme il est dit ci-dessus, par le savon n° 2 à base de soude et préparé avec excès du corps saponifiable. Le traitement a lieu en prenant toutes les précautions indiquées dans ce paragraphe et mentionnées aussi en détail, à propos de la fabrication des sucres bruts de canne et de betterave.

« Si l'on emploie directement le savon ammoniacal, on peut immédiatement procéder comme il a été dit; mais si l'on clarifie d'abord à la chaux, il faut alors ramener les liqueurs à 40 degrés centigrades à l'aide d'un réfrigérent, ou en les réunissant dans des réservoirs, et employer ensuite, comme il a été dit, et suivant le cas, soit la dose totale du savon, soit une partie seulement, en pratiquant ensuite une seconde clarification, avec l'excédant, sur les sirops concentrés à 28° Baumé.

« En résumé, les avantages que la raffinerie trouverait à l'em-

ploi des procédés que nous venons de décrire succinctement consistent : dans une conduite plus simple et plus facile de l'opération, dans une simplification des détails, dans une économie considérable de noir animal, dans une concentration et une cuite rendue faciles et dans le meilleur rendement et dans la meilleure qualité des premiers, seconds et troisièmes *produits.*

« *Objections et observations.* — Ce procédé offre des *inconvénients notables* auxquels il serait peut-être possible de porter remède, mais qui n'en existent pas moins aujourd'hui dans toute leur plénitude. Nous les signalons sommairement.

« 1° Nous savons déjà qu'il existe dans les jus des plantes saccharines, outre l'eau et le sucre, des *matières azotées* qui agissent comme *ferment,* et des substances salines, parmi lesquelles on distingue surtout les sels de soude et de potasse.

« Lorsqu'on introduit un excès d'hydrate de chaux dans ces jus, les matières albumineuses et quelques autres forment avec une partie de la chaux des combinaisons insolubles; une portion du sucre forme du sucrate de chaux, mais il se produit aussi d'autres sels calcaires par la réaction de la chaux sur les sels préexistant dans la liqueur.

« Les bases de ceux-ci sont isolées; celles qui sont insolubles se précipitent en partie, mais il en reste une portion dissoute à la faveur du sucre, qui est doué d'une grande puissance dissolvante pour nombre d'oxydes. Quant aux corps solubles, ils restent dans les jus, sur lesquels ils exercent un influence plus ou moins nuisible. A ce groupe appartiennent surtout la potasse et la soude, mises en liberté par la chaux.

« Les moûts déféqués à la chaux renferment donc de l'eau, du sucre, du sucrate de chaux, des sels calcaires, des bases métalliques, et notamment une proportion assez considérable d'alcalis fixes. Cette dernière circonstance se présente surtout dans les jus de betterave, qui renferment assez de potasse pour que l'on puisse fabriquer avantageusement du salin avec les résidus de la distillation des mélasses.

« Lorsqu'on introduit du savon sodique dans des moûts ainsi traités, le sucrate de chaux et les sels calciques solubles abandonnent leur chaux aux acides gras du savon, de la soude est mise en liberté, et une partie de cet alcali se combine aux acides des sels calciques décomposés pour reformer des sels à base de soude. D'un autre côté, une portion des acides gras s'unit aux alcalis libres et aux bases diverses du moût; il se forme des savons solubles et des savons insolubles, dont les derniers seuls sont éliminés.

« En somme, après la *double défécation,* il reste dans la liqueur de l'eau, du sucre, probablement quelques sucrates, des sels de

soude, de la soude et de la potasse unies aux acides gras, peut-être même, dans la plupart des cas, des alcalis libres. La chaux et quelques bases sont éliminées; mais il ne reste pas moins des alcalis libres ou combinés, et notamment des savons, solubles surtout à chaud, dont nous verrons les effets.

« 2° A la concentration, les jus ainsi traités se colorent presque autant que les autres.

« 3° A la filtration sur le noir et par la réaction des principes calciques du charbon d'os, il s'opère une nouvelle décomposition en sens inverse; les savons sont séparés en leurs éléments, et il se forme du savon calcaire très-divisé et des carbonates alcalins. Ceux-ci restent dans la liqueur sur laquelle ils agissent ultérieurement comme nous avons dit; le savon calcaire, composé d'*oléate*, *stéarate* et *margarate de chaux*, s'interpose dans le noir, le graisse et le salit, en sorte que les filtres sont mis rapidemant hors d'usage par cet inconvénient.

« 4° Ajoutons une observation qui confirme ce qui précède : il arrive souvent que divers sels, tels que des acétates, etc., d'origine normale ou de nouvelle formation, réagissent sur le savon calcaire: il se forme des sels de chaux solubles, les corps gras deviennent libres et la matière imprègne le noir et enduit toutes les parties des filtres, des faux fonds et des conduites, ce qui est un très-grave inconvénient. Ce fait a été constaté par tous les observateurs qui ont suivi les applications manufacturières du procédé.

« 5° Dans le procédé Garcia, le dosage du savon à employer est très-difficile, pour ne pas dire impossible. En effet, si l'on peut jusqu'à un certain point doser le savon relativement à la chaux employée, il n'en est pas de même des autres agents qui se trouvent dans les jus, pour lesquels des analyses chimiques seraient constamment nécessaires.

« 6° L'appareil à refroidir les jus est une cause inutile de dépense, d'ennui et de travail, qu'il conviendrait d'éviter. Il est industriel de *remplacer* un appareil par un autre, mais il n'est pas manufacturier d'*augmenter* le nombre des instruments par des appareils spéciaux d'une nécessité ou d'une utilité contestable.

« 7° Les produits Garcia sont plus beaux que par le procédé Barruel, les jus s'altèrent moins; mais on ne peut nier que, dans certains cas, les sucres affectent une *odeur spéciale de corps gras*, ou *plutôt de matière savonneuse*. Cette considération mérite une attention sérieuse.

« 8° La *reconstitution des agents* consisterait dans le traitement du savon calcaire par un acide susceptible de s'unir à la chaux pour former un sel soluble, et de mettre les corps gras en liberté. Ces corps gras seraient ensuite ramenés à l'état de savon sodique...

« Il y a ici quelques observations à faire sur lesquelles nous avons vainement appelé l'attention de l'auteur du procédé.

« Les corps gras traités par les acides et séparés de la chaux entraînent avec eux la plus grande partie des matières colorantes dissoutes et diverses autres substances, en sorte qu'ils forment un magma boueux et brun foncé, qu'on ne peut plus considérer comme élément d'un bon savon. D'autre part, il est bien difficile que le fabricant de sucre puisse avantageusement se livrer à de telles manipulations et préparer lui-même ses savons, etc. S'il s'adresse aux intermédiaires et aux savonniers, le savon neuf lui coûtera beaucoup trop cher, relativement au prix de vente du savon calcaire à décomposer, et il n'aura de cette perte qu'une compensation insignifiante. Il faut, en effet, environ 10 de corps gras pour saturer 1 de chaux libre ou combinée, et les chiffres de M. Garcia ne sont pas assez élevés, bien que la quantité de savon qu'il employait fût déjà trop considérable pour une manipulation facile.

« 9° On a reproché avec raison au procédé Garcia d'être d'un prix de revient trop élevé. Supposons, en effet, le prix d'achat du savon à 1 fr. 50 c., celui de vente des savons calcaires à 40 centimes, ce qui est raisonnable de part et d'autre. Une défécation de 10 hectolitres, par 4 kilogrammes de chaux seulement, conservera au moins 1 kilogramme de chaux libre ou surtout à l'état de sucrate.

« Cette quantité hypothétique, mais assurément trop faible, exigera 10 kilogrammes de corps gras, soit 11 kilogrammes de savon au moins, pour que la saturation soit complète. On aura donc :

11 kilogrammes de savon à 1 fr. 50	16 50
Main-d'œuvre, etc. *mémoire*	» »
A déduire, 11 kilogrammes de savon calcaire à 0,40.	4 40
Perte sèche	12 10

« Cette somme de 12 fr. 10 c. n'est pas compensée par les avantages du procédé et, pour qu'un tel résultat fût atteint, il faudrait que le fabricant de sucre se fît *savonnier*, ce qui présente de grandes difficultés. *Nous croyons en résumé que, malgré les affirmations de l'auteur, auxquelles nous n'avons rien retranché dans l'exposé qui précède, sa méthode ne peut présenter assez d'avantages pour en contrebalancer les inconvénients, au moins dans l'état où elle est offerte à la pratique!* »

Il nous semble que cette dernière phrase, par laquelle nous affirmons notre appréciation personnelle, aurait dû suffire pour nous mettre à l'abri des finesses de l'esprit germanique. Stahlschmidt, Wagner, Otto, et d'autres encore auraient pu se dispenser de s'attribuer des critiques dont ils n'ont pas eu la primeur, qu'ils nous ont empruntées en s'en attribuant le mérite, et qu'ils ont dirigées à contre-sens.

NOTE P

SUR LE RENDEMENT MANUFACTURIER DE LA BETTERAVE.

Nous croyons devoir conserver une note intéressante, publiée dans notre première édition, et due aux communications officieuses d'un fabricant des environs de Lille. Ces observations ont été accueillies par la presse industrielle, et nous les croyons de nature à éclairer plusieurs de nos lecteurs.

« En présence des résultats désastreux, pour la plupart des fabricants de sucre, de la campagne 1857-1858, on a été jusqu'à mettre en question l'existence et l'avenir de cette industrie dans le département du Nord.

« Les chiffres ci-joints prouvent, à tous ceux qui connaissent la fabrication, d'où vient le mal et où il faut chercher le remède. Ils font voir que les pertes subies par cette industrie ont eu pour cause, moins les prix exceptionnellement bas que la qualité déplorable des betteraves. Il résulte, en effet, des tableaux qui suivent, qu'un fabricant de sucre, quelque infime que soit le prix qu'il paye ses betteraves, si elles ne marquent pas au densimètre de la régie un degré supérieur à 3° 5, supportera des pertes considérables, tandis qu'une densité de 4 à 5° 5 assure au cultivateur une rémunération suffisante et au fabricant un bénéfice.

Fabrique de sucre d'une valeur de 300 *à* 350,000 *fr., pouvant employer* 8,100,000 *kil. betteraves en* 90 *à* 100 *jours.*

« Prix de revient du sucre suivant la qualité de la betterave, et afin d'en déterminer la valeur.

« 1,000 kil. betteraves donnant 8 hectolitres de jus et marquant :

Au densimètre.	Régie, par 1,400 gr., prise en charge.	Au saccharimètre.	En fabrication. Bonne 4°.
3°. 5	39 k° 20	55 k° 86	30 k°
4°.	44 » 80	66 » 77	45 »
4°, 5	50 » 04	75 » 13	58 »
5°.	56 »	84 » 70	67 »
5°. 5	61 » 60	93 » 17	73 »

« La pratique a démontré que le jus de betterave à la densité de 4° rend bien à la fabrication la quantité prise en charge par la régie ar 1,400 gr.

Prix de revient. — Production de 180 hectares, soit en moyenne

45,000 kil. par hectare, 8,100,000 kil. betteraves rendant 80 0/0 de jus, à la densité de 3° 5, donnent à la régie une prise en charge (par 1,400 grammes) de 39 kil. 20 sucre, au saccharimètre 55,86, et à la fabrication, par procédé ordinaire, 30 kil., soit 3 0/0.

Production : 2,430 *sacs sucre.*

Betteraves, 8,100,000 k. à 20 fr.		162,000	Soit 66,66	3,333 k. p^r sac.
Charbon		40,000	16,46	
Noir		15,000	6,17	
Toiles et sacs		10,000	4,11	
Main-d'œuvre		32,000	13,17	
		259,000	106,57	
Gestion et appointements		12,000	4,94	
Location		3,000	1,23	
Frais généraux, etc.		2,500	1,03	
Éclairage		2,500	1,03	
Intérêts		5,000	2,06	
Amortissement		30,000	12,34	
Frais divers, chaux, minium, lames de râpes, mannes, charbon de bois, réparations, etc.		13,000	5,35	
A déduire :		327,000	134,55	
Pulpe, 22 0/0	14,256			
Écumes	1,000			Sucre à 64 f. b^e 4°
Mélasses, 300,000 k. à 10 fr.	30,000	45,256	18,62	6 en dessous.
				Soit 58 fr. 100 k.
		281,744	115,93	
Manquant à payer à la régie, 9 0/0, soit sur 8,100,000 kil. 729 sacs à 54 fr.		39,366	16,20	Perte, 180,135 90
			132,13	

Prix de revient	132,13	
— de vente	58	
Perte	74,13	aux 100 kil.

« En déduisant ces 74,13 des 66,66, montant des 3,333 kil. betteraves qu'on emploie pour faire un sac de sucre, il y a encore une perte de 7,47 aux 100 kil., lesquels divisés par les 3,333 kilogrammes de betteraves, donnent un chiffre de 235 aux 100 kilogrammes, qu'il faudrait remettre avec les betteraves.

« Prix de revient. — Production de 180 hectares, soit en moyenne

45,000 kilogrammes par hectare, 8,100,000 kilogrammes de betteraves. — 1,000 kilogrammes de betteraves, rendant 80 pour 100 de jus à la densité de 4°, donnent à la régie (par 1,400 grammes) une prise en charge de 44 k. 80, au saccharimètre 6?,77, et à la fabrication, par procédé ordinaire, 48 kilogrammes, soit 4 8/10 pour 100.

Production ; 3,645 *sacs sucre.*

Betteraves, 8,100,000 k. à 20 fr.		162,000 soit	44,44	2,222 k. pr sac.
Charbon		40,000	10,97	
Noir		11,000	3,02	
Toiles et sacs		10,000	2,74	
Main-d'œuvre		32,000	8,78	
		255,000	69.95	
Gestion et appointements		12,000	3,29	
Location		3,000	0,82	
Frais généraux (assur., etc.)		2,500	0,68	
Éclairage		2,500	0,68	
Intérêts		5,000	1,38	
Amortissement		30,000	8,25	
Frais divers, chaux, minium, lames de râpes, mannes, charbon de bois, réparations, etc		13,000	3,56	
		323,000	88,61	
A déduire :				
Pulpe, 25 0/0	14,256			
Écumes	1,000	40,256	11,04	
Mélasses, 250,000 k. à 10 fr	25,000			Sucre à 64 f. b. 4°
		282,744	77,57	4 pour qualité moindre. Soit 60 0/0 kil.

« Il faudrait, pour arriver au pair, ne payer la betterave que 12,11 pour 100 par kilogramme.

Prix de revient	77,57
Prix de vente	60
Différence	17,57

Perte sur 3,645 sacs : 63,933 30.

« En déduisant ces 17,57 des 44,44 montant des 2,222 kilogrammes de betteraves à 205 employés par sac de sucre, on obtient un chiffre de 26,87, qui porte à 12 fr. 11 c. le prix auquel on devrait payer la betterave pour arriver au pair.

« Prix de revient. — Production de 180 hectares, soit en moyenne 45,000 kilogrammes par hectare, 8,100,000 kilogrammes de bette-

raves. — 1,000 kilogrammes de betteraves, rendant 80 pour 100 de jus, à la densité de 4° 5, donnent à la régie (par 1,400 grammes) une prise en charge de 50,04, au saccharimètre 75,13, à la fabrication, par procédé ordinaire, 58 kilogrammes, soit 58 pour 100.

Production : 4,698 sacs de sucre.

Betteraves, 8,100,000 k. à 20 fr.	162,000 soit	34,48	1,723 k. pr sac.
Charbon..................	40,000	8,51	
Noir......................	8,000	1,70	
Toiles et sacs.............	10,000	2,12	
Main-d'œuvre...............	32,000	6,81	
	252,000	53,62	
Gestion et appointements....	12,000	2,56	
Location...................	3,000	0,64	
Frais généraux (assur., etc.)..	2,500	0,53	
Intérêts...................	5,000	1,06	
Amortissement..............	30,000	6,39	
Frais divers, chaux, minium, lames de râpe, charbon de bois, réparations, etc......	13,000	2,76	
	317,500	67,56	

A déduire :

Pulpe, 22 0/0......	14,256	40,256	8,57
Écumes...........	1,000		
Mélasses, 250,000 k. à 10 fr..........	25,000		
		277,244	58,99

Sucre......	64
Revient....	58,99
Bénéfice...	5,01

par sac de sucre, soit sur 4,698 sacs : 23,536 98 en payant la betterave 20 fr. les 1,000 kilogrammes.

Prix de vente.......	64
Prix de revient.....	58,99
Différence.....	5,01

« En ajoutant ces 5,01 aux 34,48, montant des 1,723 kilogrammes de betteraves employées, on obtient le chiffre de 22,90 auquel on pourrait acheter des betteraves pour arriver au pair, c'est-à-dire que le prix de revient égale celui de la vente.

« Prix de revient.— Production de 180 hectares, soit en moyenne 45,000 kilogrammes par hectare, 8,100,000 kilogrammes de betteraves. — 1,000 kilogrammes de betteraves, rendant 80 pour 100 de jus, à la densité de 5°, donnent à la régie (par 1,400 grammes) une

prise en charge de 56 kil., 00, au saccharimètre 84,69, et à la fabrication, par procédé ordinaire, 67 kilogrammes, soit 6,7 pour 100.

Production : 5,427 sacs de sucre.

Betteraves, 8,100,000 k. à 20 fr.	162,000 soit	29,85	1,492 k. pr sac.
Charbon..................	40,000	7,37	
Noir......................	7,000	1,47	
Toiles et sacs..............	10,000	1,84	
Main-d'œuvre...............	32,000	5,90	
	252,000	46,43	
Gestion et appointements.....	12,000	2,21	
Location..................	3,000	2,21	
Éclairage..................	2,500	0,46	
Frais généraux, assur., etc...	2,500	0,46	
Intérêts..................	5,000	0,92	
Amortissement..............	30,000	5,52	
Frais divers, chaux, minium, lames de râpes, mannes, charbon de bois, réparations	13,000	2,40	
	320,000	60,61	

A déduire :

Pulpe, 22 0/0......	14,256		
Écumes...........	1,000	37,756	6,96
Mélasses, 225,000 k. à 10 fr..........	22,500		
		282,244	53,65

Sucre.......... 64
Prix de revient.. 53,65

Bénéfice....... 10,35 par sac de sucre, soit sur 5,427 sacs :

56,169 45, en payant la betterave à 20 fr. les 1,000 kilogrammes.

Pour être au pair : betteraves, 23,85.

Prix de revient. — Production de 180 hectares, soit en moyenne 45,000 kilogrammes par hectare, 8,100,000 kilogrammes de betteraves. — 1,000 kilogrammes de betteraves, rendant 80 pour 100 de jus à la densité de 5°,5, donnent à la régie (par 1,400 grammes) une prise en charge de 61 kil., 60, au saccharimètre 93,17, et à la fabrication, par procédé ordinaire, 75 kilogrammes, soit 7 et 5 pour 100.

Production : 5,913 sacs de sucre.

Betteraves, 8,100,000 k. à 20 f.	162,000 soit	27,39	1,369 k. pr sac.
Charbon..................	40,000	6,76	
Noir......................	8,000	1,35	
Toiles et sacs..............	10,000	1,69	
Main-d'œuvre...............	32,000	5,51	
Gestion et appointements.....	12,000	2,03	
Location..................	3,000	0,51	
Frais généraux assur., etc....	2,500	0,42	
Éclairage, subvention industr.	2,500	0,42	
Intérêts..................	5,000	0,85	
Amortissement.............	30,000	5,00	
Frais divers, chaux, minium, lames de râpe, mannes, charbon de bois, réparations, etc...............	13,000	2,20	
	320,000	54,13	

A déduire :

Pulpe, 22 0/0......	14,356		
Écumes...........	1,000	35,256	5,96
Mélasses, 200,000 k. à 10 fr..........	20,000		
		284,744	48,17 Pour être au pair: betterav., 26,57.

Sucre à 64 fr.....	64
Prix de revient...	48,17

Bénéfice......... 15,83 par sac de sucre; sur 5,913 sacs, 93,602 francs 79 centimes.

Des chiffres qui précèdent, il résulte que le sort de la fabrication du sucre indigène est dans les mains des cultivateurs : leur intérêt, non moins que celui des fabricants, doit les pousser à choisir leur graine avec discernement et à surveiller la nature de leur engrais ; mais il est un moyen pratique et sérieux d'établir une solidarité entre le cultivateur et le fabricant, ce serait de payer les betteraves selon une échelle de prix proportionnels au degré de de densité déclaré par la régie, et d'insérer dans le compromis une clause expresse qui refuserait toute betterave dont les jus n'atteindraient pas le degré minimum de 4°...

Si de tels résultats se présentaient avec la prise en charge de 1,400 grammes par degré et par hectolitre, on peut en déduire les conséquences de l'augmentation décrétée par la loi de 1860, qui a porté la prise en charge à 1,425 grammes.

NOTE Q

OBSERVATIONS DE M. B. CORENWINDER SUR LA PRISE EN CHARGE.

Depuis l'époque où nous écrivions les pages de notre première édition, M. Corenwinder, déjà connu pour la netteté et la justesse de ses appréciations en matière de sucre, a démontré tout l'avantage que les travaux des hommes de recherche peuvent apporter à une industrie chimique et nous avons profité plusieurs fois, dans cet ouvrage, des résultats obtenus par cet observateur.

Nous reproduisons ici des remarques, déjà anciennes, mais dont les années n'ont pas diminué la valeur, que M. Corenwinder a publiées, en 1858, dans l'*Agriculture pratique*, à un temps où la prise en charge était de 1,400 grammes par degré et par hectolitre.

Cette indication légale signifie simplement que le fabricant *était tenu alors* de représenter, par chaque hectolitre de jus, en sucre ou en impôt acquitté, autant de fois 1,400 grammes de sucre que ses jus traités offraient de degrés du densimètre.

Nous transcrivons ces réflexions avec plaisir, bien que nous différions quelque peu d'opinion avec l'auteur.

« Depuis la promulgation de la loi du 31 mai 1866, le minimum de la prise en charge, dans les fabriques de sucre, est de 1,400 grammes par hectolitre de jus et par degré du densimètre, c'est-à-dire que le fabricant est assujetti à payer l'impôt au minimum, sur une quantité de sucre qui s'obtient *à priori*, en multipliant le nombre d'hectolitres de jus avant la défécation par le degré observé et par 1,400 grammes.

« Le jus, par exemple, a une densité de 4° ou 1,040 (le poids spécifique de l'eau étant 1), 1 × 4 × 1 k.,400 ou 5 k.,60 est la quantité de sucre dont le fabricant doit rigoureusement acquitter l'impôt à l'administration pour chaque hectolitre de jus fabriqué à 4°.

« Ce minimum de prise en charge est-il justifié par des données expérimentales, par des observations rigoureuses? Nous ne le pensons pas, et nous allons prouver que, dans la plupart des circonstances, le facteur 1,400 grammes est beaucoup trop élevé.

« Nous avons réuni dans le tableau suivant les chiffres indiquant les richesses saccharines de la betterave, comparées avec la densité du jus. Ces chiffres sont le résultat d'un grand nombre d'analyses, et leur moyenne représente, avec un degré d'approximation suffisante, la quantité de sucre qu'on doit attribuer à la betterave. Ils peuvent servir efficacement à discuter le mode d'appréciation du rendemment probable employé actuellement par la régie des contributions indirectes.

Tableau comparatif de diverses densités du jus de betterave et de la quantité de sucre constatée pour chacune d'elles.

DENSITÉ DE 3° A 4°.		DENSITÉ DE 4° A 5°.		DENSITÉ DE 5° A 6°.	
Poids du litre.	Quantité de sucre par litre.	Poids du litre.	Quantité de sucre par litre.	Poids du litre.	Quantité de sucre par litre.
1030	51,06	1040	69,17	1050	113,64
1030	50,47	1040	61,76	1050	108,70
1030	60,59	1040	72,47	1050	106,05
1032	72,47	1040	88,94	1050	106,05
1036	72,47	1042	92,23	1051	98,82
1036	70,97	1043	82,35	1051	108,67
1037	63,40	1043	93,88	1052	120,23
1037	83,06	1043	97,17	1052	120,23
1038	79,40	1043	82,00	1052	113,64
1038	77,44	1044	88,94	1052	108,70
1038	70,82	1044	87,27	1054	113,83
1038	72,47	1044	87,29	1054	126,82
1038	83,00	1044	85,81	1055	115,20
1038	85,60	1044	9[illegible],00	1055	115,20
1038	82,35	1045	113,64	1055	108,70
1039	67,50	1045	110,00	1056	116,90
»	»	1045	97,25	1056	92,23
»	»	1045	98,82	»	»
»	»	1045	90,60	»	»
»	»	1046	92,88	»	»
»	»	1046	98,82	»	»
»	»	1046	102,12	»	»
»	»	1046	84,80	»	»
»	»	1047	102,12	»	»
»	»	1048	126,82	»	»
»	»	1048	98,82	»	»
»	»	1048	105,41	»	»
»	»	1049	98,00	»	»
»	»	1049	95,53	»	»
»	»	1049	107,00	»	»
1035,8	71,44	1044,7	93,30	1052,6	111,39

« L'examen de ce tableau nous apprend d'abord que *la densité du jus est loin d'être dans le même rapport que le sucre dans la betterave*. *A priori*, cette anomalie apparente est facile à expliquer. Outre le sucre, la betterave renferme encore des matières salines et albuminoïdes dont la présence influe sur la pesanteur spécifique du jus. Ces matières étrangères sont, relativement, plus abondantes dans une betterave pauvre que dans une betterave riche, parce que les

conditions qui nuisent à la production du sucre sont celles, au contraire, qui favorisent le développement des éléments salins et azotés. Ces analyses prouvent surabondamment cette vérité, et, à ce point de vue, elles infirment déjà la valeur d'un procédé d'évaluation du rendement probable, fondé sur l'observation de la densité du jus.

« Mais, nous dira-t-on, il ne suffit pas de condamner une méthode; il faudrait encore en proposer une qui fût susceptible de donner de meilleurs résultats.

« Nous ne pensons pas qu'il faille rejeter *absolument* l'emploi du densimètre pour l'évaluation *à priori* du rendement probable de la betterave, mais *nous croyons qu'il faut modifier le facteur* 1,400 *grammes, qui*, d'après ce que nous allons démontrer, *est trop élevé*, et le remplacer par un chiffre plus en harmonie avec les données expérimentales.

« Dans le tableau suivant, nous avons indiqué, dans la première ligne, les richesses saccharines moyennes du jus de betterave correspondantes aux degrés le plus ordinairement observés; ces moyennes ont été établies proportionnellement à celles qui résultent de nos analyses, et qui sont consignées au bas du premier tableau.

« Dans la seconde ligne de ce deuxième tableau, nous avons fait figurer les prises en charge de la régie pour les différents degrés du densimètre. Il est évident qu'en retranchant les chiffres inférieurs de ceux qui leur correspondent dans la ligne supérieure, les restes expriment les quantités de sucre qui excèdent la quantité de la prise en charge pour chaque degré du densimètre; ils indiquent conséquemment ce que l'administration suppose devoir rester de sucre dans les mélasses, les pertes à subir à la filtration, l'évaporation, la clarification, etc.

	Densité. 3°	Densité. 3°,5	Densité. 4°
Richesse saccharine correspondante par hectolitre	5^k,986	6^k,984	8^k,348
Prise en charge actuelle de la régie (1^k,400 × le degré) par hectolitre	4^k,200	4^k,900	5^k,600
Différence	1^k,786	2^k,084	2^k,748

	Densité. 4°,5	Densité. 5°	Densité. 5°,5
Richesse saccharine correspondante par hectolitre	9^k,392	10^k,588	11^k,647
Prise en charge actuelle de la régie (1^k,400 × le degré) par hectolitre	6^k,300	7^k,000	9^k,700
Différence	3^k,092	3^k,588	3^k,947

« On remarque que, si le fabricant opère sur des jus ayant une

densité de 5°, le reste est de 3 k., 588 par hectolitre. Ce reste pourra évidemment, dans la plupart des cas, être suffisant pour que le fabricant atteigne le minimum établi sur la base de 1,400 grammes par hectolitre; mais, si la densité n'est que de 3°,5 ou même 4°, les différences seront inférieures à la quantité de sucre qui doit disparaître par la suite des opérations, ajoutée à celle qui sera retenue dans les mélasses, et alors il aura *fatalement des manquants*.

L'expérience a justifié cette démonstration; tous les hommes compétents savent qu'*avec des betteraves au-dessous de 4° on a inévitablement des manquants*.

« Nous avons la certitude qu'on peut évaluer à 1 k., 250 par hectolitre de jus à 4° la quantité de sucre qui disparaît, tant dans les écumes de défécation que dans les diverses manipulations, telles que :

« La filtration sur le noir animal,

« L'évaporation,

« La cuite des sirops premiers jets,

« La clarification et la filtration des seconds jets,

« La cuite des troisièmes et des quatrièmes jets.

« Il en résulte que, si l'on opère sur du jus à 4° qui contient, d'après l'expérience, en moyenne, 8 k., 348 de sucre par hectolitre, la richesse saccharine de ce jus se trouve réduite en réalité à 8k.,348 — 1 k., 250, ou.............................. 7 k.,098

« La prise en charge (à 4°) étant de................ 5 ,600

Il reste... 1 k.,498

« Il faudrait donc, pour que la prise en charge ne fût pas trop élevée, que ce dernier reste ne fût pas trop inférieur à la quantité de sucre qui doit être retenue dans les mélasses.

« Or, il est positif que les fabricants obtiendront cette année de 3 k.,5 à 4 kilogrammes de mélasse épuisée par hectolitre de jus primitif à 4°. Un grand nombre d'entre eux assurent même qu'ils en auront davantage.

Par suite de nombreuses analyses, nous pouvons affirmer que les mélasses pesant 45° à 47° de l'aréomètre Baumé, en un mot dans l'état de concentration où elles se trouvent dans les vaisseaux de cristallisation, renferment de 48 à 50 pour 100 de sucre qu'on n'en saurait extraire par les moyens ordinairement employés.

« Il restera donc dans 3 k.,750 de mélasse, au minimum. 1 k.,800

« En déduisant l'excédant de la richesse absolue sur la prise en charge.............................. 1 ,498

« Il reste... 0 k.,302

« Il résulte incontestablement de ces exemples que les mélasses retiendront obstinément 302 grammes de sucre par hectolitre de

jus à 4°, et cependant ces 302 grammes ont été pris en charge par la régie.

Si la densité du jus n'est que de 3°,5, la quantité de mélasse produite sera un peu moins considérable; on peut l'évaluer à 3 k.,50 par hectolitre.

Remarquons aussi qu'avec des jus plus faibles la perte, dans les manipulations, sera un peu moins importante. D'après des observations certaines, elle peut être fixée, au minimum, à 1 kilogramme de sucre par hectolitre.

« Cela posé, si, de la quantité de sucre contenue d'une manière absolue dans un hectolitre de jus à 3°,5 ou de.	6 k.,984
on déduit, pour la perte dans le travail...........	1 ,000
« Il reste...	5 k.,984
« La prise en charge à 3°,5 étant.................	4 ,900
« Différence...	1 k.,084
« La quantité de sucre qui doit rester dans les mélasses est en moyenne 3 k.,250 × 48/100 ou..........	1 k.,560
« En déduisant l'excédant sur la prise en charge.....	1 ,084
« Reste..........	0 k.,476

« Le manquant par hectolitre de jus à 3°,5 sera donc de 476 grammes, c'est-à-dire que l'industriel qui opère sur des jus ayant une densité moyenne de 3°,75 (ce qui est le cas le plus général cette année) éprouvera tous les jours un déficit sur la prise en charge de $\frac{302 \text{ grammes} + 476}{2}$ ou 0 k., 389 par hectolitre de jus. Ce déficit, il est vrai, se trouvera atténué par la décharge de 5 pour 100 que l'administration accorde pour les mélasses; mais néanmoins il sera encore fort élevé dans les conditions que nous venons d'établir. D'après les renseignements qui nous parviennent, nous croyons pouvoir affirmer que nous ne présentons pas la situation dans son jour le plus sombre, et que les manquants prendront, cette année, des proportions beaucoup plus considérables.

« *Est-il bien équitable de faire à un industriel une position plus défavorable lorsqu'il a des betteraves de mauvaise qualité que lorsqu'il a la chance heureuse d'en manipuler dont la densité et la richesse saccharine sont élevées? N'est-ce pas aggraver sa position que d'exiger de lui proportionnellement plus de rendement en sucre, alors que la betterave est pauvre, que lorsqu'elle est riche*, et ne faudrait-il pas, dans tous les cas, quelle que fût la densité du jus, que la différence entre la richesse saccharine absolue et la prise en charge fût toujours la même que si la densité était de 5°?

« Dans le tableau suivant, nous avons déduit de la richesse saccharine absolue les quantités de sucre qui devraient être prises

en charge par chaque degré du densimètre, pour que les restes fussent tous égaux au chiffre 3 k., 588, qui exprime l'excès de la richesse saccharine à 5° sur la prise en charge au même degré.

Densité.	Densité.	Densité.	Densité.	Densité.	Densité.
3°	3°,5	4°	4°,5	5°	5°,5
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
5,986	6,984	8,348	9,392	10,588	11,647
2,398					
	3,396				
		4,760			
			5,840		
				7,000	
					8,059
3,588	3,588	3,588	3,588	3,588	3,588

« On remarquera que, pour arriver à obtenir des restes égaux, il faut déduire par hectolitre :

Pour	3°,0	2k,398	ou	0k,799 × 3
—	3°,5	3 ,396	ou	0 ,970 × 3,5
—	4°,0	4 ,660	ou	1 ,190 × 4
—	4°,5	5 ,804	ou	1 ,288 × 4,5
—	5°,0	7 ,000	ou	1 ,400 × 5
—	5°,5	8 ,059	ou	1 ,465 × 5,5

« Or, les facteurs qui multiplient les degrés successifs se trouvent très-rapprochés des nombres :

0k,800, 1k,000, 1k,200, 1k,300, 1k,400, 1k,500.

« Il en résulte nécessairement que ce sont ces différents facteurs qui devraient être adoptés pour les degrés correspondants :

3°,0, 3°,5, 4°,0, 4°,5, 5°,0, 5°,5.

et alors, quelle que fût la richesse de la betterave, on n'exigerait pas du fabricant un minimum plus considérable que si la densité de cette racine était uniformément de 5°.

« On ne concevrait pas évidemment que l'administration pût être plus exigeante quand le degré du jus est faible que lorsqu'il atteint le nombre 5. Si, à la fin de la campagne, elle constate des excédants dans les années favorables, ces excédants viennent augmenter le chiffre qui incombe déjà au compte du fabricant, dans les mauvaises campagnes; même avec une prise en charge établie sur des bases conformes à celles que nous venons de fonder, les excédants seraient souvent peu considérables, peut-être même seraient-ils nuls quelquefois et, dans tous les cas, l'administration aurait toujours le droit de les prendre en charge, comme elle le fait actuellement dans les années ou la betterave est de bonne qualité.

« S'il était au pouvoir du fabricant de donner constamment à la betterave une richesse saccharine supérieure, il ne manquerait évidemment pas de le faire, et l'administration n'aurait-elle pas toujours alors à constater des excédants?

« La prise en charge de 1,400 grammes a été établie à une époque où l'on croyait que la richesse saccharine de la betterave était irrévocablement de 10 pour 100, et la densité la plus habituelle de 5°; mais aujourd'hui que de nombreuses observations ont démontré le contraire, aujourd'hui que le cultivateur, tenté par le haut prix que cette racine a atteint dans ces dernières années, a, pour ainsi dire, transformé la betterave en une plante plutôt azotée que saccharifère, il est certain que cette richesse de 10 pour 100 est l'exception, non-seulement dans l'arrondissement de Lille, mais encore dans beaucoup d'autres contrées.

« Y aurait-il le moindre inconvénient à modifier le minimum de 1,400 grammes, conformément aux données expérimentales et positives que nous venons de développer? Nous ne le pensons pas.

« A notre avis, la prise en charge ne peut plus être considérée aujourd'hui, depuis l'établissement de la permanence, que comme un renseignement primitif destiné à éclairer l'administration sur les résultats probables de la campagne, et à contrôler les opérations ultérieures de fabricants. *Il est peu rationnel*, en effet, *d'asseoir irrévocablement la base de l'impôt sur une donnée incertaine, entachée de nombreuses causes d'erreurs*, alors que, dans la suite des opérations, on obtient des résultats incontestables et dont l'autorité est infaillible.

« On conçoit que, lorsque les fabriques de sucre n'étaient pas exercées avec la rigueur salutaire qui existe aujourd'hui, on devait exiger du fabricant la représentation rigoureuse du minimum de sucre évalué par la prise en charge; mais, depuis l'établissement de la permanence, cette rigueur est devenue inutile, car le service est toujours assuré que l'impôt sera perçu dans son intégralité.

« Non-seulement aujourd'hui l'administration fait constater par ses agents le volume du jus de betterave qui est mis en fabrication et la quantité de sucre qu'elle suppose que ce jus doit produire, mais elle est armée encore d'une comptabilité admirable, véritable chef-d'œuvre de science administrative, qui permet à l'employé de faire à chaque instant l'inventaire des sirops existant dans l'établissement qu'il est chargé de surveiller.

« Sur un registre, le fabricant est obligé d'inscrire lui-même, avec une exactitude rigoureuse, les volumes de sirop cuit qu'il fait verser dans les vaisseaux de cristallisation; un autre registre tenu par l'employé chargé du service, permet d'établir, tous les jours, la situation de ces vaisseaux, de constater ceux qu'on emplit et ceux qu'on vide; cet employé prend même une note exacte des affaissements naturels qu'éprouve le sirop par son refroidissement; il

assiste à sa purgation par les turbines ou par les moyens anciens; il enregistre le chiffre obtenu après l'avoir fait peser sous ses yeux, le fait déposer dans un magasin dont les fenêtres sont grillées et dont il conserve la clef. Enfin, il suit pas à pas les transformations qu'éprouvent les eaux mères des cristallisations successives; pas un litre de sirop, pas un kilogramme de sucre ne peut être détourné de sa destination légitime, jusqu'au moment où il est permis au fabricant de disposer des mélasses épuisées de tout le sucre qu'elles peuvent fournir par les moyens ordinairement employés.

« Il est donc incontestable, tout le monde en convient, que la fraude est matériellement impossible dans les fabriques de sucre. Dans le cas de prévarication, peut-être des abus pourraient avoir lieu; mais cette hypothèse est inadmissible, d'abord parce que la prévarication n'existe pas dans l'administration française, ensuite parce que le service du contrôle et de l'inspection la rend impossible.

« De bonne foi, en présence de ces formidables moyens de répression, quel caractère peut avoir la prise en charge établie sur les bases actuelles? Le premier fabricant qui, sous l'empire de la législation aujourd'hui en vigueur, a payé des manquants, a démontré l'inexactitude de la prise en charge : la première constatation qu'on a faite d'un manquant a prouvé, non pas qu'un fabricant avait fraudé, mais qu'on avait exigé de lui ce qu'il lui était impossible de fournir, c'est-à-dire plus de sucre qu'il n'en pouvait extraire de la matière première employée.

« Pour nous résumer, nous croyons que, depuis l'établissement de l'exercice en permanence, le minimum exigé *à priori* d'après la densité du jus est devenu aléatoire, et que l'administration pourrait se contenter, sans inconvénient pour le Trésor, des moyens rigoureux de répression que lui procure sa comptabilité; toutefois, si l'on persiste à maintenir le principe d'une prise en charge quelconque, ce qui précède démontre que le chiffre de 1,400 grammes est trop élevé et doit être remplacé par un autre nombre plus en harmonie avec les résultats de l'expérience et de l'observation... »

Nous ne pensons pas comme M. B. Corenwinder, à propos de l'exercice, et nous ne pouvons regarder comme salutaire une mesure vexatoire et injuste que le plus simple bon sens réprouve; nous croyons également que l'assiette de l'impôt sur la densité est radicalement vicieuse; mais, sur tous les autres chefs, les observations précédentes ne renferment que des faits incontestables. On peut donc dire que l'administration s'est prononcée sans avoir approfondi cette question, ou bien que, si elle en a apprécié les éléments, elle a agi sans avoir aucun égard pour de légitimes réclamations, en portant la nouvelle prise en charge à 1,425 grammes.

NOTE R

SUR L'ANALYSE COMMERCIALE DES SUCRES BRUTS ET LE COEFFICIENT SALIN.

La fabrication sucrière est intéressée au plus haut degré dans la question de l'analyse des sucres, puisque de cette analyse résulte le prix qui lui est offert par la raffinerie.

Nous nous hâtons de le dire : nous ne croyons pas, en principe, à la valeur des analyses dans lesquelles la balance n'a pas joué le principal rôle.

Dans une circonstance donnée, il s'est passé un fait curieux rapporté par une publication spéciale [1]. Un échantillon de sucre de la nuance nº 9, et quelque peu chargé de sels, a été choisi à dessein. Cet échantillon a été passé plusieurs fois au crible, puis tamisé assez longtemps pour le rendre parfaitement homogène et pour que tous les cristaux en fussent égaux. Une prise de 300 grammes environ, soigneusement enfermée dans une boîte de fer-blanc, fut envoyée séparément à chacun des dix chimistes les plus accrédités pour les analyses commerciales. L'envoi eut lieu en même temps pour les dix destinataires, enfin, toutes les précautions furent prises pour que chaque échantillon fût placé dans les mêmes conditions que tous les autres.

Or, les résultats furent tous différents, comme on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur le tableau suivant, dans lequel nous remplaçons les noms des opérateurs par des numéros d'ordre.

NUMÉROS d'ordre.	SUCRE cristallisable.	GLUCOSE.	CENDRES.	RENDEMENT au coefficient 5.
1	90,00	»	2,313	78,405
2	87,75	1,90	2,050	77,500
3	91,00	»	2,290	79,550
4	91,25	»	2,340	79,550
5	92,00	»	2,310	80,450
6	92,25	»	2,340	80,550
7	92,25	»	2,290	80,800
8	92,12	»	1,860	82,720
9	94,18	»	2,460	81,880
10	Sans résultat.	Échantillon égaré.		»

On comprend aisément que, en face de semblables divergences,

1. *La Sucrerie indigène*, 1868.

on dut tirer des conclusions peu favorables au dosage saccharimétrique et, au contraire, on avait à faire valoir l'avantage de l'appréciation par la nuance qui n'aurait pas offert des écarts aussi considérables que celui qui ressort des extrêmes 77,50 et 81,88.

Le saccharimètre fut accusé de donner toujours des résultats variables, selon la vue de l'opérateur et selon son état de fatigue. L'occasion était bonne également pour critiquer le coefficient 5, en lui-même d'abord, comparativement au facteur 3,73 indiqué par M. Dubrunfaut et, en outre, à cause de la similitude et de la confusion qu'il établit entre des sels dont l'action n'est pas identique sur le sucre.

Ces reproches étaient fondés, on doit l'avouer, mais les expérimentateurs s'empressèrent de relever cette polémique et de prendre la défense de l'analyse. La grande raison apportée fut que les échantillons n'étaient pas identiques.

Nous ne comprenons pas très-bien cet argument en face des précautions prises.

M. Dubrunfaut insista sur la même raison, et il profita d'ailleurs de la circonstance pour plaider en faveur de la *méthode mélassimétrique* et de la *précision admirable* du saccharimètre, aussi bien que pour faire l'éloge de ses propres recherches et des précautions dont il s'est entouré pour arriver à la correction du chiffre de M. Clerget [1].

Un seul argument sérieux a été apporté : c'est celui qui repose sur la possibilité d'une dessiccation ou d'une hydratation partielle des échantillons, selon qu'ils se seraient trouvés dans certaines conditions de température, à la poste ou ailleurs...

Coefficient salin. — En considérant ce coefficient comme l'expression numérique du *quantum* de sucre transformé ou engagé dans les mélasses par les matières minérales existant dans 100 parties de sucre, on est dans le *vrai théorique*. Il ne s'agit, pour atteindre une *solution pratique*, que de déterminer ce quantum d'une manière précise et... *honnête*. La raffinerie s'est constitué une base arbitraire, conforme à ses intérêts particuliers, mais qui choque les règles de la probité la plus élémentaire. Disons-le hautement : tout raffineur, qui fait subir au fabricant dont il achète les sucres une *dépréciation exagérée*, le *vole* avec autant d'impudence que s'il lui prenait de l'argent dans sa caisse.

S'il est avec le ciel des accommodements, d'après la phrase du poëte, il en est plus évidemment encore avec la conscience, et tel qui ne voudrait pas prendre *un centime,* s'adjuge très-volontiers, et sciemment, de très-grosses sommes aux dépens d'autrui, pourvu qu'il puisse recouvrir d'un manteau la honte de son action. Le

1. M. Dubrunfaut veut qu'on emploie le chiffre 16,395 au lieu de 16,38...

peuple croit ne pas voler, quand il fait tort à l'État, à la ville, à la commune, lorsqu'il peut tromper une administration; il regarde la fraude et la contrebande comme légitimes. De même, le raffineur *prétend* rester probe en profitant d'un *chiffre établi.* N'a-t-il pas sa petite réponse toute prête? « C'est le coefficient admis, et je suis l'usage commercial! »

On peut faire bien des choses, à l'ombre de cette allégation.

Nous répondons, nous, qui n'avons nul intérêt en fabrication ni en raffinerie, que cet usage commercial, ce chiffre, derrière lequel on s'abrite, a été *créé* par des gens que la raffinerie a salariés, ou bien qu'elle a profité de la sottise d'un imbécile, sottise qu'elle s'est empressée de protéger et d'adopter, aussitôt qu'elle en a vu les avantages :

« Ci, 25 p. 100 de plus value sur une réfaction honnête! C'est admis! »

Nous disons, avec l'impassibilité de la loi et du juge :

« Ci, *un vol!* »

Que messieurs les raffineurs ne nous en veuillent pas trop. Nous critiquons leurs actes, sans nous occuper de leurs personnalités, et nous aurons à signaler également certains trafics de la fabrication. Pour Dieu, messieurs, faites ce que vous pourrez pour élever les cours; profitez de tous vos avantages, mais ne franchissez pas cette limite qui sépare une industrie loyale d'une affaire de boursicotiers!

A l'égard du fabricant et, surtout, à l'égard du public, qui paye les frais, il est bon d'étudier cette question du coefficient salin. C'est ce que nous allons faire.

Nous disons que le public paye. Sans doute; car il ne faut pas imaginer que le commerce de la raffinerie soit d'une délicatesse extrême. Nous ne voulons pas nommer, citer, nos preuves; mais voici un compte imaginaire dans lequel nous espérons que plusieurs auront le bon goût de reconnaître leurs faits et gestes et de se taire.

Acheté 1,000 sacs de sucre à N...

Valeur saccharimétrique, 94°; nuance au-dessous du n° 12. Cours actuel : 65 fr. (supposé).

Sels : 1,3 p. 100.

Réfaction par le coefficient 5, $1{,}3 \times 5 = 6{,}5$.

D'où $94 - 6{,}5 = 87{,}5$.

De là, 1,000 sacs à 87,5 = 87,500 kil. à 65 fr., ci. .	56,875 fr.
Mélasse à 10 fr., 12,500 kil., ci.	1,250
A payer.	58,125 fr.

Tout cela vous a un petit d'air d'innocence, auquel on se laisse prendre quand on est intéressé à être dupe, comme nos députés-

armateurs et autres protecteurs de la raffinerie. Nous n'en sommes pas là, et voici la traduction de ce compte, rétabli dans les bases loyales :

1,000 sacs de sucre à 94° par 3,25 de réfaction, pour 1,3 de cendres p. 100, donnent un titre réel de 89°,775, soit, au cours de 65 fr. pour 88°, un chiffre-sucre égal à 897,750 kil., valant. . . . . 58,353 fr. 75 c.

Mélasse à 10 fr., 10,225 kil. . . . . . . 1,022 fr. 50 c.

A payer. . . . . 59,376 fr. 25 c.

Différence : 1,251 fr. 25 c.

De quel droit le fabricant sera-t-il frustré de ces 1,251 fr. 25 c. par un acte d'arbitraire?

On nous répondra, sans doute, qu'avant de critiquer aussi durement, nous devrions discuter le coefficient des raffineurs et établir, par des données positives, le véritable coefficient de réfaction. Nous avions prévu l'objection et nous donnons sur cette question les détails utiles. Qu'on nous permette cependant, avant d'entrer en matière, une simple demande :

Le fabricant doit-il supporter les conséquences de l'ineptie du raffineur, et doit-il payer l'ignorance de son exploiteur? Doit-il payer, nous le répétons, l'impéritie d'un groupe de spéculateurs qui achètent du sucre tout fait, qui n'ont plus à fournir qu'un travail de confiseurs et qui ne sont pas aptes à le faire?

Les raffineurs trouvent des sels dans le sucre et ils ne *savent* pas s'en défaire. Cela nous étonne d'autant moins qu'il n'y a pas *un* raffineur sur cent qui sache son métier de raffineur, lequel n'est pas bien difficile quand on le compare à la fabrication. Partout c'est le directeur, le contre-maître qui est *l'homme*; l'autre, le propriétaire, ne sait rien de la fabrication; il achète ou fait acheter, vend ou fait vendre, tripote, boursicote, et encaisse. Il ne compte que comme agioteur ou spéculateur. Nous ne voyons pas en quoi la fabrication peut être responsable de ses sottises ou de celles de ses mercenaires.

Soit pourtant. Si vous ne savez pas retirer tout votre sucre et le débarrasser des sels, c'est de la faute du fabricant et il doit payer votre ignorance par une réfaction injuste. Soit! Mais alors, comme il faut être juste pour tout le monde, même pour le fabricant de sucre, celui-ci a le *droit* de dire au cultivateur :

« Le cours de la betterave est à 20 fr. J'accepte ce prix. Mais l'analyse démontre que votre betterave renferme 0,5 p. 100 de sels qui me gêneront dans mon travail et pour lesquels *le raffineur me retrouvera plus tard*. Je fais comme lui. 100 kil. de sucre vaudraient 40 francs; je vous fais réfaction, au coefficient 5, de $0{,}500 \times 5 = 2{,}5$ et je ne vous paye que 18,75. »

Ce raisonnement serait plus juste que celui du raffineur, car le fabricant a toutes les difficultés à surmonter...

Tableau analytique de la richesse des sucres bruts et de leurs valeurs relatives au coefficient 5, *d'après M. Woussen.*

TYPES.	TITRE saccharimétrique.	CENDRES.	SUCRE inerte ou engagé.	TITRE commercial.
8	93,0	1,90	9,5	83,5
9	93,5	1,80	9,0	84,5
10	94,0	1,70	8,5	85,5
11	94,5	1,60	8,0	86,5
12	95,0	1,40	7,0	88,0
13	95,5	1,20	6,0	89,5
14	96,0	1,0	5,0	91,0
15	96,5	0,90	4,5	92,0
16	97,0	0,80	4,0	93,0
17	97,5	0,70	3,5	94,0
18	98,0	0,65	3,25	94,75
19	98,5	0,60	3,0	95,50
20	98,75	0,50	2,50	96,25
2 blanc.	99,25	0,25	1,25	98,0
Blanc complet.	100,00	0,00	0,00	100,0

Les faits ne sont pas souvent d'accord avec les données de ce tableau, que l'on peut regarder comme idéal et spéculatif. Il s'en faut de beaucoup, en effet, que le chiffre des matières minérales et, par suite, que la valeur du titre soit dans un rapport aussi régulier avec la nuance.

Quant à l'appréciation de la valeur vénale, elle se trouve sous la dépendance du cours du sucre à 88. (n. 12) qui sert de base aux transactions.

Analyse de 12 échantillons de sucres-types, par M. E. Pesier.

TYPES.	TITRES saccharimétriques.	CENDRES sulfatées.	HUMIDITÉ.
9	94,0	2,28	2,2
10	94,0	2,10	2,0
11	94,5	1,84	2,0
12	95,0	1,70	1,5
13	95,0	1,54	1,2
14	96,0	1,49	1,5
15	95,5	1,36	1,4
16	95,5	1,26	1,35
17	96,5	1,24	1,20
18	97,0	1,10	0,74
19	97,5	1,00	0,54
20	98,0	0,70	0,85

M. Pesier n'est pas un de ces hommes qui parlent du sucre sans le connaître, comme il en existe beaucoup. Joignant la science théorique à l'habitude pratique des choses de la sucrerie, cet observateur émet une opinion fort juste relative à l'appréciation des cendres. Si le poids proportionnel des cendres sulfatées semble être en relation plus exacte que le titre saccharimétrique avec l'ordre des types, on doit apporter une extrême circonspection dans l'appréciation d'un résultat plus satisfaisant en apparence. La déduction à tirer du poids des cendres traitées par l'acide sulfurique « qui ne peut léser dans aucun cas les intérêts du raffineur, doit être très-préjudiciable au fabricant dont le sucre retiendrait, ou de la chaux libre, ou du carbonate, ou même ce qui se rencontre fréquemment, du noir très-fin entraîné mécaniquement par les sirops et emprisonné dans le sucre. Ces matières, *dont la présence est plus favorable que nuisible, sont évaluées à dose exagérée par la fixation de l'acide sulfurique* et causent *injustement* une réduction dans l'estimation de la quotité du sucre extractible, et cette interprétation erronée est encore accrue par l'emploi du coefficient 5. »

M. Pesier regrette qu'on n'ait pas égard au volume du grain, à la sécheresse du produit, à la faculté de blanchir, à la présence du sucre incristallisable...

Il est assez difficile de se faire une idée bien nette de la question. A notre avis, le point de départ est faux. Si une mélasse renferme 10 p. 100 de cendres et 50 p. 100 de sucre cristallisable, on n'est pas en droit de conclure que 10 parties de cendres engagent 50 parties de sucre, et que, par conséquent, il faut adopter le coefficient 5.

En admettant que la mélasse, incinérée sans addition d'acide,

fournisse 9,5 à 10 de cendres pour 100 parties en poids, et si nous recherchons quelle est la nature des parties minérales fixes, nous trouvons, comme moyenne de plusieurs analyses, les éléments suivants :

Potasse	58,16
Chlorure de potassium	23,12
Soude	9,07
Chaux	5,65
Magnésie	0,34
Oxyde de fer	0,58
Acide sulfurique	1,65
Acide phosphorique	1,03
Silice	0,40
	100,00

Nous pouvons nous rendre un compte suffisant des faits pour apprécier les valeurs des sels après le traitement sulfurique. Ajoutons, dès maintenant, que l'on ne peut regarder les chiffres précédents comme définitifs, puisque la teneur en sels variant considérablement dans la betterave, *prise pour exemple*, ils n'offrent qu'une simple valeur relative. Cette valeur est cependant un point de départ très-convenable pour asseoir les bases de notre appréciation.

Voici quelques faits et des chiffres.

1° L'acide phosphorique, étant fixe, ne sortira pas des cendres, bien qu'il puisse se porter sur une autre base que celle avec laquelle il est copulé. Son chiffre est à maintenir.

2° La même observation est à appliquer à l'acide sulfurique, à la silice et à l'oxyde de fer.

3° Quant à la potasse, au chlorure de potassium, à la soude, à la chaux et à la magnésie, ces corps prêtent à la discussion. Leurs équivalents chimiques sont :

Potasse	oxygène	100,0	= 590,2
	potassium	490,0	
Chlorure de potassium	chlore	443,2	= 933,2
	potassium	490,0	
Soude	sodium	287,2	= 387,2
	oxygène	100,0	
Chaux	calcium	250,0	= 350,0
	oxygène	100,0	
Magnésie	magnésium	150,0	= 250,0
	oxygène	100,0	

En supposant, ce qui est forcé, l'acide sulfurique (= 1,65) et l'acide phosphorique (= 1,03) combinés avec une quelconque des bases libres, soit la potasse, on voit que l'équivalent de l'acide sulfurique étant égal à 500 et celui de l'acide phosphorique à 900, le chiffre de la potasse libre, apte à se combiner avec l'acide sulfurique employé au traitement, sera réduit à 55,4388... En effet,

l'acide sulfurique peut être regardé comme combiné à 1,946 de potasse et l'acide phosphorique à 0,6752, ensemble, 2,6212 qu'il faut retrancher de 58,16.

Nous aurons donc d'abord en *matières fixes* :

Oyde de fer	0,58	
Sulfate et phosphate de potasse	5,3012	6,2812
Silice	0,40	

D'un autre côté, le chlorure de potassium perd son chlore par l'action de l'acide sulfurique et il devient du sulfate. Au lieu de K CL = 993, on a KO, SO^3 = 1,090, et les 23,12 de chlorure de potassium deviennent 25,377.

Les 55,4388 de potasse libre deviennent 102,421 de sulfate de la même base.

Les 9,07 de soude deviennent 20,78 de sulfate de soude. De 5,65 la chaux s'élève à 13,72 et la magnésie passera à la valeur 1,02.

En résumant les éléments du calcul chimique précédent, nous pouvons connaître immédiatement quelle est la différence apportée par le sulfatage à l'incinération d'une mélasse. Nous avions 100 de cendres, partagées comme il a été dit. Nous avons maintenant :

Matières fixes.	Oxyde de fer	0,58	
	Sulfate et phosphate de potasse	5,3012	= 6,2812
	Silice	0,40	
Sulfate de potasse (du chlorure)			25,377
Sulfate de potasse (de la potasse)			102,421
Sulfate de soude			20,78
Sulfate de chaux			13,72
Sulfate de magnésie			1,02
	Total		169,5992
	Chiffre des cendres non sulfatées		100
	Augmentation		69,5992

Soit, au taux proportionnel, une différence en trop de 0gr,347996 par gramme de cendres sulfatées, que l'on ne devrait compter que pour 0gr,652094.

Ceci s'applique, évidemment, au cas particulier de la mélasse dont il s'agit. Mais, comme les eaux-mères, interposées dans les lames cristallines du sucre brut, sont à très-peu près identiques avec ces mêmes eaux-mères, en dehors des différences dues aux variétés, à la culture et au sol, on doit, *moralement et loyalement,* tirer de ce qui précède les conclusions suivantes :

1° L'incinération avec sulfatage est une *opération de trahison,* faite dans l'intérêt de l'acheteur, toutes les fois qu'une *réduction équitable sur le poids des cendres sulfatées* ne sert pas de base aux opérations.

2° En partant de ce qui précède, cette *réduction équitable* ne peut être moindre de 33 p. 100, soit 3 dixièmes 3, pour que le fabricant

vendeur n'ait pas à subir la conséquence de la paresse ou de l'incurie des analystes.

3° En droit, on doit considérer comme coupables de connivence et de complicité avec les manœuvres de certains acheteurs tous les chimistes essayeurs qui affirment sur des données fausses et qui, par négligence, exagèrent le chiffre proportionnel des matières minérales. On doit exercer une profession avec une probité inattaquable, ou en changer si l'on n'est pas apte à faire ce qui convient...

Un cas pourrait se présenter où la réduction de 33 p. 100 (34,7996) serait trop considérable, et il se trouve indiqué par l'exemple ci-dessus. On a vu, en effet, que le chlorure de potassium passe à l'état de sulfate par l'augmentation de 23,12 : 25,377, laquelle équivaut à la relation chimique 933,20 : 1090. De même le chlorure de sodium = 730,40 devient du sulfate de soude = 887,2 et le chlorure de calcium = 693,2 passe à l'état de sulfate de chaux = 850.

L'augmentation de poids due à la transformation des chlorures en sulfates est égale à la différence entre l'équivalent du chlore et de l'acide sulfurique, augmentée de l'équivalent d'oxygène nécessaire pour faire passer le radical à l'état d'oxyde.

On a :

1 équivalent, acide sulfurique à	500
1 équivalent, chlore à	443,20
Différence	56,80
1 équivalent, oxygène	100
Augmentation	156,80

Le chlorure de potassium = 933,2 devient 933,2 + 156,8 = 1090.
Le chlorure de sodium = 730,40 devient 730,40 + 156,8 = 887,20.
Le chlorure de calcium = 693,20 devient 693,2 + 156,8 = 850.

Il résulte de cela les valeurs suivantes de 100 grammes des chlorures :

Chlorure de potassium	= 116gr.83	sulfate de potasse.
Chlorure de sodium..	= 124 46	sulfate de soude.
Chlorure de calcium..	= 122 62	sulfate de chaux sulfatée.

La réduction à faire sur le poids des cendres de chlorures serait donc :

Pour le chlorure de potassium de	0,1440
Pour le chlorure de sodium de	0,1766
Pour le chlorure de calcium de	0,1844

D'où il ressort une moyenne de 0,1683; soit de 1 dixième 683 à déduire sur le poids des cendres qui proviennent des chlorures. Cette moyenne est d'autant plus acceptable, qu'il est très-rare de rencontrer dans les sucres et les matières sucrées d'autres chlorures que ceux qui viennent d'être indiqués.

En fait et pour répondre d'avance à toute objection possible, on devrait, mathématiquement, compter sur une augmentation de 156,8 *par équivalent de chlore* et, par conséquent, diminuer d'autant les cendres sulfatées.

Mais, pour cela, les fabricants ont intérêt à bien comprendre ceci, que tout chimiste sérieux doit doser séparément le chlore dans la matière qui lui est soumise. Nous allons donner un seul exemple relatif à cette nécessité.

Si, dans la composition d'une mélasse, on trouve un chiffre de cendres de 14,1050 après sulfatage, et que l'on sache que les chlorures transformés représentent le tiers de cette quantité, soit 4,7, il est clair que la réduction par 0,33 ne devra porter que sur $14,10 - 4,7 = 9,40$ tandis que les 4,7 de sulfates provenant de chlorures ne devront pas être réduits par le même facteur. Cela n'est plus contestable. Mais comment le chimiste établira-t-il sur le chiffre 4,7 la réduction vraie de 0,1683, s'il n'a pas vérifié, au préalable, la proportion du chlore et s'il n'a pas constaté, par une opération spéciale, que la matière renferme, par exemple, 2,21 de chlore à l'état de combinaison saline? La solution serait de toute impossibilité, sans cela, et il en résulterait des erreurs très-préjudiciables. En effet, le coefficient de réduction adopté par ces messieurs, coefficient basé sur des considérations puériles, est de 1/10 du poids des cendres sulfatées. Quelques-uns arrivent à proposer 2 dixièmes, bien bas, pour ne pas offenser la raffinerie qui les emploie. On a même parlé, théoriquement, de 3 dixièmes...

En tout cas, on réduit de 1 dixième, en pratique. Soit un sucre titrant 95,5 de sucre cristallisable, 0,36 de glucose, 3 d'eau et 1,51 de cendres sulfatées. Soient ces cendres composées comme il vient d'être dit pour la mélasse. Voici ce que fera le chimiste, De 1,41 chiffre des cendres, il déduira $1/10 = 0,141$ et le reste multiplié par le célèbre *coefficient mélassimétrique* 5, donnera $1,269 \times 5 = 6,545$. D'autre part, reconnaissant que le glucose *engage* son poids de sucre cristallisable, ce qui est *à peu près* exact, il ajoutera à ce chiffre 0,36 et il retranchera du sucre cristallisable (95,5) le nombre $6,545 + 0,36 = 6,905$. Le résultat $95,5 - 6,905 = 88,595$. Voilà un sucre tarifié et apprécié.

Au prix hypothétique de 60 fr. les 100 kil. à 88°, il *vaut* 60 fr. 40 centimes!

Mettons en regard de ce jugement ce qui résulte d'une appréciation logique, conforme aux faits, et dépourvue de complaisances pour qui que ce soit.

On prend la peine de doser le chlore: soit le chiffre trouvé égal à 0,221 sur 100 de la matière avant l'incinération. Il ressort des données de *chimie élémentaire* exposées plus haut que 443,2 de chlore répondent à une augmentation de 156,8, sans qu'on ait à se préoccuper de la nature des bases. L'équivalent d'augmentation

devient donc 443,2 + 156,8 = 600, en sorte que 0,221 de chlore, en disparaissant par le sulfatage, sont remplacés par 0,2991 d'acide sulfurique et d'oxygène. De là, cette conséquence tangible que l'on devra, de ce chef, diminuer le poids des cendres sulfatées de 0,2991 — 0,221 = 0,0781 dans le cas actuel.

L'expérience apprend que, dans les matières sucrées, le poids du chlore est à celui des sulfates venant des chlorures, très-approximativement dans le rapport 1 : 2,15.

D'un autre côté, on a, dans ces cendres, une certaine proportion de substances fixes (oxyde de fer, phosphates, sulfates, silice), qui ne sont pas modifiées par le traitement. D'après la donnée que nous avons prise pour type, la proportion de ces substances est de 0,0886.

Enfin, le reste des cendres sulfatées = 0,92435 doit être réduit selon la proportion établie, = 0,347996, que nous abaisserons très-volontiers à 0,33 pour employer un nombre usuel. De ces matières, il nous restera donc 0,92435 — (0,92435 × 0,33) = 0,6192845.

En somme, nous avons, en réunissant les éléments discutés :

1° Matières modifiées	0,0886
2° Sulfates provenant des chlorures, réduits	0,39705
3° Sulfates provenant des autres bases, réduits	0,6192845
Total	1,1049345

Or, en multipliant le poids réel des cendres par le coefficient 5, on trouve pour produit 5,5246725, soit 5,525 et le sucre donné représente un rendement différent de celui qu'on obtient par les procédés habituels. En effet, 5,525 de *coefficient salin* et 0,36 de glucose donnent à retrancher du titre saccharimétrique 5,885; on a : 95,5 — 5,885 = 89,615 pour le titre commercial.

La valeur déduite, à 60 fr. pour les 100 kil. à 88°, serait de 61 fr. 10 avec une plus-value de 70 centimes.

Cette différence, résultant d'une appréciation plus exacte des parties minérales, n'est pas d'aussi faible importance qu'on pourrait le croire, et elle conduit à une bonification de 1,16 p. 100. Le vendeur doit-il en faire le sacrifice à l'acheteur lorsque celui-ci possède déjà tout l'avantage dans la transaction? Cette question est grave et nous la renverrons à plus tard, au moment où nous chercherons à faire voir l'injustice criante, nous dirions presque le vol manifeste qui résulte de l'application d'un coefficient mélassimétrique trop élevé.

TABLE ANALYTIQUE
DES MATIÈRES

LIVRE III.

Fabrication industrielle du sucre prismatique.

SECTION. I. — NOTIONS GÉNÉRALES ET PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA FABRICATION SUCRIÈRE.

CHAPITRE I. — NATURE ET INFLUENCE DES MATIÈRES ÉTRANGÈRES QUI ACCOMPAGNENT LE SUCRE.

CHAPITRE II. — PRINCIPES GÉNÉRAUX. — DIVISION ET MARCHE DES OPÉRATIONS DE LA SUCRERIE.

SECTION II. — EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE.

CHAPITRE I. — DES PREMIERS TRAVAUX DE LA SUCRERIE DE BETTERAVE.

CHAPITRE II. — FABRICATION INDUSTRIELLE PERFECTIONNÉE DU SUCRE DE BETTERAVE.

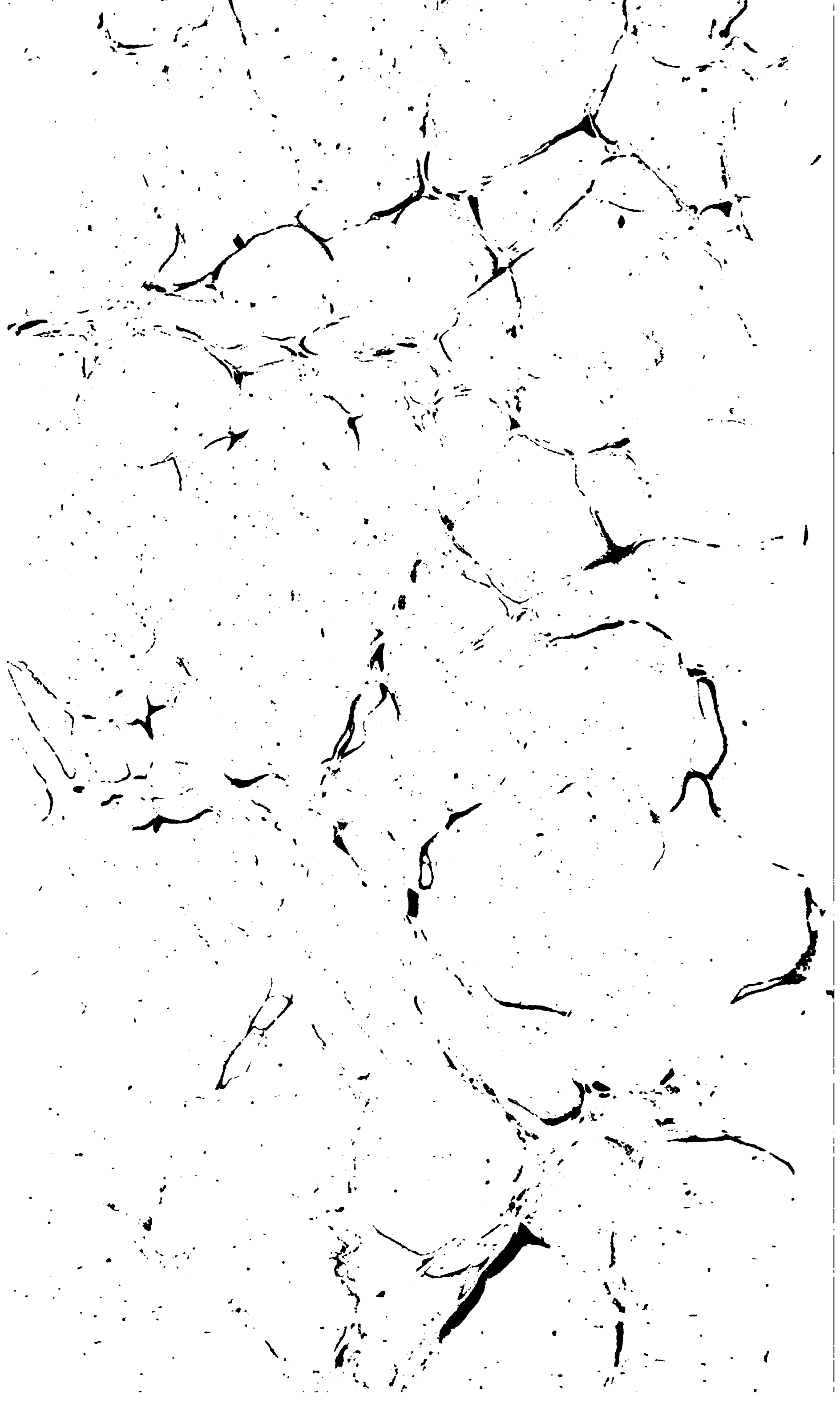
CHAPITRE III. — DESCRIPTION ET ÉTUDE DE QUELQUES PROCÉDÉS PARTICULIERS.

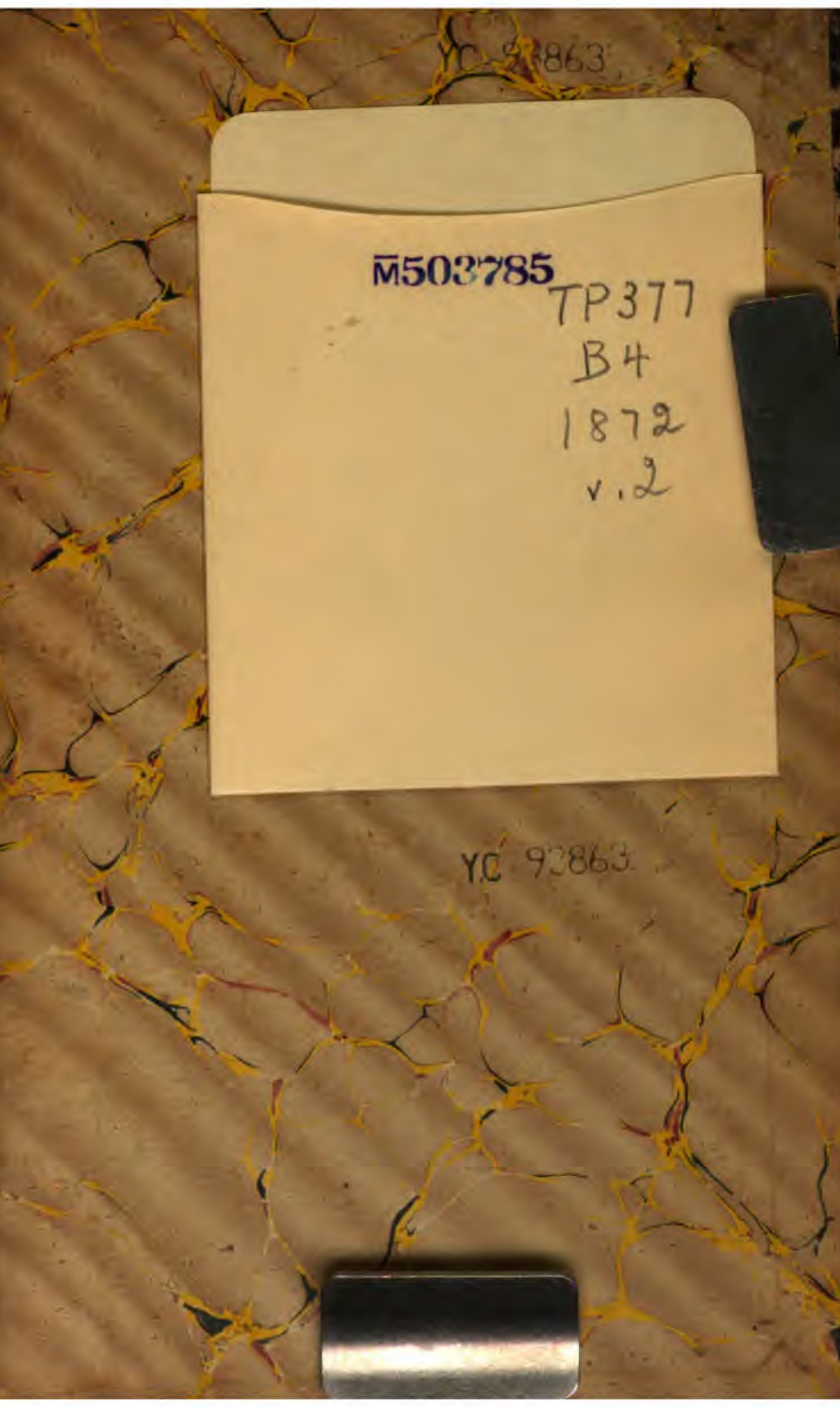
DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES

NOTES JUSTIFICATIVES

Paris. — Imprimerie Viéville et Capiomont, rue des Poitevins, 6.

TABLE DES CHAPITRES




YC 93863
M503785
TP377
B4
1872
v.2
YC 93863

